

Національний технічний університет України
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені Ігоря Сікорського»

МЕХАНІКО-МАШИНОБУДІВНИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра технології машинобудування

(повна назва кафедри)

«На правах рукопису»

УДК _____

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Ю.В.Петраков

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” _____ 20__ р.

Магістерська
дисертація на здобуття
ступеня магістра

зі спеціальності **131. Прикладна механіка. Технології машинобудування**

(код і назва спеціальності)

на тему: Технологічне забезпечення якості поверхні при обробленні фрез

Виконав: студент 6 курсу, групи МТ-81мп

Щербатюк Руслан Віталійович

(підпис)

Науковий керівник ст.в. Бецко Юрій Михайлович

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент _____

(посада, науковий ступінь, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

(підпис)

Засвідчую, що у цій магістерській
дисертації немає запозичень з праць
інших авторів без відповідних
посилань.

Студент _____

(підпис)

Київ – 2019 року

АНОТАЦІЯ

Магістерська дисертація представлена на 98 сторінках, містить 4 розділи, 15 ілюстрованих матеріалів, 22 таблиць та 16 джерел посилань.

Об'єктом дослідження є деталь основного виробництва – фрези дискові.

Предметом дослідження постають параметри мікрогеометрії відповідальних поверхонь.

Мета завдання полягає в розробленні технологічного процесу для забезпечення якості оброблюваної поверхні. Технологічний процес повинен бути впроваджений у виробництво та покращити ряд вимог.

Перший розділ містить основні поняття про оброблення лезовими інструментами, якість, яку можна отримати шляхом фрезерування та точіння поверхні. Узагальнення фактичного матеріалу, який буде використовуватись в процесі. В другому розділі викладені експериментально досліджені різні можливі схеми оброблення поверхні та представлені результати вимірів шорсткості за допомогою профілометра. В третьому розділі виконаний весь технологічний процес деталі та детально досліджені операції на яких обробляються поверхні основних конструкторських баз. Четвертий розділ – це розроблення стартапу, який полягає в модернізації металорізального верстату, що морально застарілий. Результат стартапу практично реалізований та використовується у виробництві.

Результат роботи представлений у висновку та подані пропозиції щодо технологічного забезпечення якості поверхні.

Ключові слова: технологічний процес, якість поверхні, фрезерування, точіння, лезові інструменти.

АННОТАЦИЯ

Магистерская диссертация представлена на 98 страницах, содержит 4 раздела, 15 иллюстрированных материалов, 22 таблиц и 16 источников ссылок.

Объектом исследования является деталь основного производства - фрезы дисковые.

Предметом исследования возникают параметры микрогеометрии ответственных поверхностей.

Цель задачи состоит в разработке технологического процесса для обеспечения качества обрабатываемой поверхности. Технологический процесс должен быть внедрен в производство и улучшить ряд требований.

Первый раздел содержит основные понятия о обработки лезвийного инструмента, качество, которое можно получить путем фрезерования и точения поверхности. Обобщение фактического материала, который будет использоваться в процессе. Во втором разделе изложены экспериментально исследованы различные возможные схемы обработки поверхности и представлены результаты измерений шероховатости с помощью профилометра. В третьем разделе выполнен весь технологический процесс детали и подробно исследованы операции на которых обрабатываются поверхности основных конструкторских баз. Четвертый раздел - это разработка стартапа, который заключается в модернизации металлорежущего станка, который морально устарел. Результат стартапа практически реализован и используется в производстве.

Результат работы представлен в заключении и представлены предложения по технологическому обеспечению качества поверхности.

Ключевые слова: технологический процесс, качество поверхности, фрезерование, точение, лезвийные инструменты.

ABSTRACT

The master's thesis is presented on 98 pages, contains 4 sections, 15 illustrated materials, 22 tables and 16 sources of links.

The object of study is a detail of the main production - disc mills.

The subject of the study are the parameters of microgeometry of the responsible surfaces.

The purpose of the task is to develop a technological process to ensure the quality of the work surface. The technological process must be introduced into production and improve a number of requirements.

The first section contains basic concepts about cutting blades, the quality that can be obtained by milling and turning the surface. Summarize the actual material that will be used in the process. In the second section various possible schemes of surface treatment are experimentally investigated and the results of roughness measurements using a profilometer are presented. In the third section, the entire technological process of the part is completed and the operations on which the surfaces of the main design bases are processed are investigated in detail. The fourth section is the development of a startup, which is to modernize a metal-cutting machine that is morally outdated. The result of the startup is practically realized and used in production.

The result of the work is presented in a conclusion and offers suggestions for technological quality assurance of the surface.

Keywords: technological process, surface quality, milling, turning, blade tools.

РЕФЕРАТ

Актуальність теми та підстава для розроблення технологічного процесу, який забезпечить якість поверхні, є сучасною проблемою на будь-якому виробництві. Однак, він завжди потребує удосконалення. Застосування його в реальних умовах для збільшення прибутку підприємства з дотриманням всіх необхідних параметрів якості продукції. Даний технологічний процес здатний повністю задовільнити потреби клієнта, а також не потребує великих матеріальних витрат.

Мета магістерської дисертації полягає в розробленні технологічного процесу для забезпечення якості оброблюваної поверхні. Технологічний процес повинен бути впроваджений у виробництво та покращити ряд вимог.

Об'єктом дослідження є деталі основного виробництва - фрезі дискові.

Предметом дослідження є параметри мікрогеометрії відповідальних поверхонь.

Для досягнення мети були поставлені наступні завдання:

- ознайомлення з теоретичним матеріалом та дослідження виробничого процесу;
- вимірювання шорсткості модулем на основі профілометра мод. 296 та дослідження чинників, які впливають на якість поверхні;
- дослідження методів забезпечення заданих параметрів якості.

Новизною дисертації є розробка верстатного пристрою, який складається з верстатної плити та прижимної втулки. В роботі практично реалізуються чотири схеми оброблення поверхні фрезеруванням. Дана технологічна оснастка використовується на операції, після якої будуть проводитись виміри шорсткості поверхні.

Практична значимість отриманих результатів полягає в розробці технологічного процесу, який впроваджений у виробництво ПП «Райнпласт УКРАЇНА». Реквізити відповідних документів представлені в додатку Д.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
ПЕРЕЛІК	УМОВНИХ
ПОЗНАЧЕНЬ.....	8
РОЗДІЛ I. Оброблення лезовими інструментами.....	11
1.1 Якість поверхонь деталей та машин.....	11
1.2 Формування шорсткості поверхні при точінні.....	17
1.3 Формування шорсткості поверхні при фрезеруванні.....	22
Висновок	28
РОЗДІЛ II. Експериментальні дослідження та результати вимірів.....	29
2.1 Модуль на основі профілометра мод. 296	29
2.2 Схеми оброблення фрезеруванням.....	32
2.2.1 Фрезерування по зигзагу	33
2.2.2 Спиральне фрезерування	34
2.2.3 Фрезерування по колу знімаючи однакову ширину припуску	35
2.2.4 Фрезерування по колу на повний діаметр фрези	36
2.3 Схеми оброблення точінням.....	37
2.4 Вимірювання шорсткості та аналіз отриманих результатів в	

MathCad.....	38
Висновок	43
РОЗДІЛ	III.
розділ.....	Технологічний 43
3.1 Аналіз службового призначення та умов роботи у вузлі.....	43
3.1.1 Аналіз конструктивних особливостей та її класифікація	43
3.1.2 Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі.....	46
3.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу.....	46
3.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічного підготовки виробництва.....	47
3.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі.....	51
3.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки	52
3.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі.....	55
3.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз.....	55
3.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій.....	58
3.6 Проектування послідовності оброблення поверхонь заготовки.....	61
3.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі ...	63
3.8 Розробка верстатного пристрою.....	70
Висновок	71
РОЗДІЛ IV. Розроблення СТАРТАП-ПРОЕКТУ.....	72

4.1	Опис	ідеї	проекту.....	
....	73			
4.2	Технологічний	аудит	ідеї	проекту.....73
4.3	Аналіз	ринкових	можливостей	запуску
	стартап-			
	проекту.....	76		
4.4	Розроблення	ринкової	стратегії	
	проекту.....	76		
4.5	Розроблення	маркетингової	програми	стартап-
	проекту.....	79		
	Висновок			82
	ВИСНОВОК			ПО
	ДИСЕРТАЦІЇ.....	83		
	СПИСОК	ВИКОРИСТАНИХ	ДЖЕРЕЛ.....	84
ДОДАТОК	А.	Паспортні	дані	металорізальних
	верстатів.....	86		
ДОДАТОК	Б.	G-коди		управляючих
	програм.....	91		
ДОДАТОК	В.			Креслення
	деталей.....	94		
ДОДАТОК	Г.	Дані		з
	профілометра.....	98		
ДОДАТОК	Д.			Копії
	документів.....	99		

ВСТУП

Жодна галузь сучасного виробництва не може обійтись без механічної обробки. Однією з головних проблем, яка виникає при виготовленні або відновленні деталей, є забезпечення високої якості їх відповідальних поверхонь. Серед великої кількості різних технологічних методів оброблення, часто використовують обробку лезовим різанням, а саме, фрезеруванням та точінням. За останні кілька десятиліть був великий процес розвитку, впроваджені сучасні вимоги до високого класу виробництва. Щоб досягти бажаної обробки поверхні та допуски до продукції, контролю за процесом та якістю обробної промисловості потребують моніторингу та аналізу. Існуючі методи вдосконалення обробки та різання інструментів обмежені характеристиками обробки.

Шорсткість поверхні деталей формується головним чином на одній або двох останніх переходах технологічного процесу, хоча великою мірою вона також залежить і від операцій, які були виконані раніше, наприклад операція термооброблення. З кожного методу можна отримати відповідний йому діапазон параметрів шорсткості, а також напрямки слідів, які залишаються після оброблення.

При обробці різанням лезовими інструментами, шорсткість поверхні залежить від їх геометричних параметрів (кут в плані, радіус при вершині, передній та задній кут), подача S , швидкість різання, наявність охолоджувальної рідини, фізико-механічні властивості матеріалу деталі, кінематичні особливості методу оброблення, жорсткість технологічної системи та багато інших чинників.

Тому майбутній інженер повинен здобути у вищому навчальному закладі теоретичні знання про базування деталей різної конфігурації, геометричні параметри різальної частини інструментів, новітні технології обробки матеріалів, та оволодіти основними методиками лабораторних досліджень і технологічних

розрахунків. Вивчення цих зв'язків складає предмети з таких дисциплін як: «Технологія машинобудування», «Теорія різання», «Матеріалознавство» та інші. У цій роботі пропонується технологічний процес по забезпеченню якості поверхней.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ ПОЗНАЧЕНЬ

ГПРЧІ – геометричні параметри різальної частини інструменту

МОР – мастильно - охолоджувальна рідина

ЧПК – числове програмне керування

ТП – технологічний процес

CAM – computer - aided manufacturing (модуль автоматизованої системи)

CAD – computer aided design (система автоматизованого проектування)

РОЗДІЛ I

Оброблення лезовими інструментами

1.1 Якість поверхонь деталей та машин

Якість поверхні заготовки або деталі це стан її поверхневого шару як результат впливу на нього одного або декількох послідовних технологічних методів, які були застосовані. Характеризується вона шорсткістю, хвилястістю, мікроструктурою металу, залишковими напругами, а також фізико-механічними властивостями поверхневого шару.

Під шорсткістю поверхні – розуміють сукупність всіх нерівностей поверхні з відносно малими кроками, яка формує рель'єф поверхневого шару. Вона впливає на експлуатаційні властивості деталі; тертя та зношування; деформації які виникають під час контакту; стійкість до корозії; геометричність з'єднань; міцність нерухомих з'єднань; магнітні властивості; теплопровідність та радіаційні властивості; міцність та якість гальванічних покриттів; електроконтактний опір, а також багато інших властивостей. Шорсткість утворюється після механічного оброблення, це слід лезового або абразивного інструменту, який спотворений пластичною та пружною деформаціями, а також вібрацією системи СПД. Розрізняють шорсткість: поздовжню, вимірювану в напрямку вектора швидкості різання і поперечну, вимірювану в напрямку подачі. У більшості випадків шорсткість поперечна більша поздовжньої. Шорсткість поверхонь є важливим параметром і вона обов'язково нормується на кресленнях деталей машин.

Під хвилястістю поверхні – розуміють сукупність всіх нерівностей на базовій довжині, які періодично повторюються з відносно великим кроком та перевищують прийняту при вимірюванні шорсткості базову довжину. Хвилястість має проміжне місце між шорсткістю та макрогеометрією (похибками форми) поверхні. Щоб розрізнити ці два параметри, критерієм служить величина відношення кроку до висоти нерівностей. Для шорсткості $L/H < 50$, для хвилястості $L/H = 50-100$, для макрогеометрії $L/H > 1000$. Висота нерівностей в шорсткості та

хвилястості поверхні може змінюватись від долі мікрметра до 1 міліметра та в деяких випадках навіть більше. Менші значення відношень L/H та L/H_b лежать в області великих висот нерівностей.

Для оцінки шорсткості, крім висоти та форми нерівностей, враховують також її напрям. Форма мікронерівностей впливає на несучу поверхню, визначає зношення та контактну деформацію деталей, які приєднуються. Також при наявності мікротріщин (глибоких западин) суттєво порушується цілісність поверхневого шару, знижуючи при цьому міцність деталі. Напрямок штрихів від попередньої обробки необхідно оцінювати з урахуванням загального контакту сполучених деталей, якщо це з'єднання є нерухомим у напрямках руху деталей, які рухаються. Також параметри шорсткості та хвилястості поверхні взаємопов'язані з точністю розмірів. Це визначається умовами, в яких працює деталь і необхідністю отримання надійних результатів вимірювання.

Фізико-механічні властивості поверхневого шару характеризуються його твердістю, структурними та фазовими перетвореннями, величиною, знаком, глибиною поширення залишкових напруг і деформацією кристалічної решітки матеріалу. Також змінюється хімічний склад матеріалу поверхневого шару при застосуванні хіміко-термічних методів обробки.

Заготівельні процеси в певній мірі впливають на якість поверхні готової деталі, тому що відбувається успадкування вихідних властивостей заготовки на різних етапах її обробки. У готової деталі якість оброблених поверхонь в основному забезпечується при остаточній обробці, а поверхні, які не оброблюються, зберігають якість, отриману при виготовленні заготовки. Для досягнення необхідної якості поверхонь деталей машин і підтримання її на заданому рівні в умовах експлуатації постає завдання перед повним технологічним процесом.

Терміни та визначення, що відносяться до шорсткості поверхні встановлено ДСТУ 2413-94, ГОСТ 2789-73, ДСТУ ГОСТ 25142:2009.

Шорсткість поверхні - сукупність нерівностей поверхні з відносно малими кроками, виділена, наприклад, за допомогою базової довжини. [1]

Збільшене зображення реального профілю, отримане під час вимірювання шорсткості, називають профілограмою (рис. 1.1). Профілограму розглядають на базовій довжині l . [1]

Базова довжина l - довжина базової лінії, що використовується для відокремлення нерівностей, які характеризують шорсткість поверхні. Базова довжина задається конструктором за ГОСТ 2789-73 з ряду : 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,8; 2,5; 8; 25 мм. [1]

Базова лінія (поверхня) – лінія (поверхня), відносно якої проводиться оцінювання параметрів шорсткості поверхні. Базова поверхня має форму номінальної поверхні, а її положення відповідає загальному напрямку реальної поверхні в просторі. Математично вона може бути визначена, наприклад, за допомогою методу найменших квадратів. [1]

Шорсткість поверхні оцінюється за нерівностями реального профілю. Нерівність профілю – це виступ профілю та спряжена з ним западина профілю.

Нормування шорсткості поверхонь базується на системі середньої лінії - системі відліку, що використана для оцінювання параметрів шорсткості поверхні, в якій за базову лінію вибрана середня лінія профілю. [1]

Середня лінія профілю m – базова лінія, яка має форму номінального профілю та ділить реальний профіль так, що в межах базової довжини сума квадратів відхилень профілю від цієї лінії мінімальна (рис. 1.1). [1]

Відхилення профілю y – відстань між точкою реального профілю та базовою лінією. [1]

Виступ профілю – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки перерізу його з середньою лінією профілю і направлена із тіла. [1]

Западина профілю – частина реального профілю, що з'єднує дві сусідні точки

перерізу його з середньою лінією профілю та направлення в тіло. [1]

Місцевий виступ профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми мінімумами профілю. [1]

Місцева западина профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми максимумами профілю. [1]

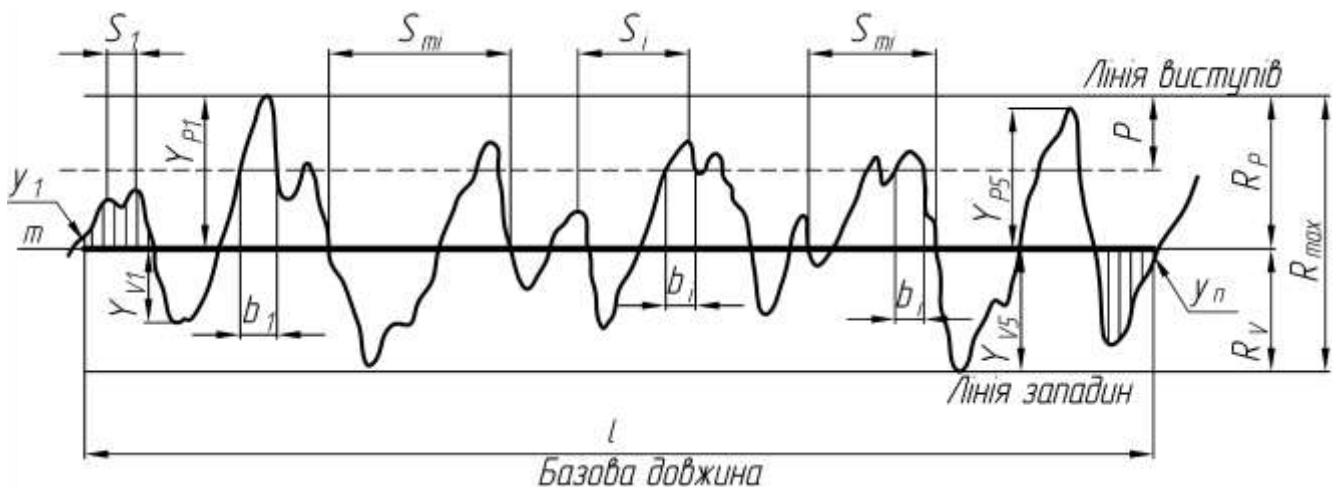


Рис.1.1. Профілограма профілю

Місцевий виступ профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми мінімумами профілю. [1]

Місцева западина профілю – частина реального профілю, розташована між двома сусідніми максимумами профілю. [1]

Лінія виступів профілю R_p – лінія, що еквідистантна середній лінії та проходить через найвищу точку профілю в межах базової довжини. [1]

Лінія западини профілю R_v – лінія, що еквідистантна середній лінії та проходить через нижчу точку профілю в межах базової довжини. [1]

Рівень перерізу профілю P – відстань між лінією виступів профілю та лінією, що перетинає профіль еквідистантно лінії виступів профілю. [1]

Відповідно до ДСТУ 2413-94, ГОСТ 2789-73 регламентуються 6 основних параметрів шорсткості поверхні.

Числові значення і граничні відхилення встановлено для параметрів:

параметри, які зв'язані з висотними властивостями нерівностей:

- Ra - середнє арифметичне відхилення профілю;
- Rz - висота нерівностей профілю по десяти точках;
- $Rmax$ - найбільша висота нерівностей профілю;

параметри, які зв'язані з властивостями нерівностей в напрямку довжини профілю:

- Sm - середній крок нерівностей профілю;
- S - середній крок місцевих виступів профілю;
- параметри, які зв'язані з формою нерівностей профілю:
- t_p - відносна опорна довжина профілю.

Середнє арифметичне відхилення профілю Ra - середнє арифметичне абсолютних значень відхилень профілю в межах базової довжини: [2]

$$Ra = \frac{1}{l} \cdot \int_0^l |y(x)| \cdot dx \quad (1.1)$$

або за дискретного способу оцінювання

$$Ra \approx \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n |y_i|, \quad (1.2)$$

де y – відхилення профілю - відстань між будь-якою точкою профілю і середньою лінією, яка виміряна по нормалі, що проведена до середньої лінії через цю точку профілю; [2]

y_i - відхилення профілю у вибраних (дискретних) точках (рис. 1.1);

n – кількість дискретних відхилень профілю;

l – базова довжина.

Висота нерівностей профілю по десяти точках Rz – сума середніх абсолютних значень висот п'яти найбільших виступів профілю та глибин п'яти найбільших западин профілю в межах базової довжини: [2]

$$Rz = \frac{\sum_{i=1}^5 |y_{pi}| + \sum_{i=1}^5 |y_{vi}|}{5}, \quad (1.3)$$

де y_{pi} – висота i -го найбільшого виступу профілю (рис. 1.1);

y_{vi} – глибина i -ї найбільшої западини профілю (рис. 1.1).

Найбільша висота нерівностей профілю R_{max} – відстань між лінією виступів і лінією западин профілю в межах базової довжини (рис. 1.1). [2]

Середній крок нерівностей профілю Sm – середнє значення кроку нерівностей профілю в межах базової довжини: [2]

$$Sm = \frac{l}{n} \cdot \sum_{i=1}^n Sm_i, \quad (1.4)$$

де Sm_i – крок нерівностей профілю – відрізок середньої лінії профілю, що обмежує нерівність профілю (рис. 1.1);

n – кількість кроків нерівностей профілю на базовій довжині.

Середній крок місцевих виступів профілю S – середнє значення кроку місцевих виступів профілю в межах базової довжини: [2]

$$S = \frac{l}{n} \cdot \sum_{i=1}^n S_i, \quad (1.5)$$

де S_i – крок місцевих виступів профілю – відрізок середньої лінії між проекціями на неї найвищих точок сусідніх місцевих виступів профілю (рис. 1.1);

n – кількість місцевих виступів профілю на базовій довжині. [2]

Числові значення параметрів шорсткості Ra , Rz , R_{max} , Sm , S , вибираються у відповідності до ГОСТ 2789-73

Відносна опорна довжина профілю t_p – відношення опорної довжини профілю до базової довжини: [2]

$$t_p = \frac{\eta_p}{l}, \quad (1.6)$$

де η_p - опорна довжина профілю – сума довжин відрізків b_i , що відсікаються на заданому рівні профілю P деталі лінією, еквідистантною до середньої лінії, в межах базової довжини (рис. 1.1): [2]

$$\eta_p = \sum_{i=1}^n b_i; \quad (1.7)$$

l – базова довжина.

1.2 Формування шорсткості поверхні при точінні

Таблиця 1.1 Шорсткість поверхні при механічній обробці площини

Обробляючі поверхні	Методи оброблення		Параметри шорсткості, Ra, мкм												
			50	25	12,5	6,3	3,2	1,6	0,8	0,4	0,2	0,1	0,05	0,025	0,012
Площини	Стругання	Попереднє	+	+	+	+									
		Чистове			+	+	+	+	+						
		Тонке							+	+					
	Циліндричне фрезерування	Попереднє		+	+	+	+								
		Чистове					+	+	+						
		Тонке						+	+	+					
	Торцеве фрезерування	Попереднє		+	+	+	+								
		Чистове					+	+	+						
		Тонке							+	+					
	Торцеве точіння	Попереднє	+	+	+	+									
		Чистове			+	+	+	+	+						
		Тонке							+	+	+				
	Плоске шліфування	Попереднє						+	+						
		Чистове								+	+				
	Притирання	Грубе								+	+				
		Середнє									+	+			
		Тонке										+	+	+	+

На рис. 1.2 показано вплив геометричних параметрів різальної частини інструментів (ГПРЧІ), кути ϕ , ϕ_1 та подачі S на оборот заготовки на шорсткість поверхні при точінні. На ескізах можна побачити, що зменшення висоти нерівностей досягається, якщо зменшувати кути в плані (рис. 1.2, а-в), подачу (рис.1.2, е, ж) та при збільшенні радіуса при вершині різця (рис.1.2, г,д).

На схемі (рис.1.2, а, б) розрахунок висоти нерівностей $Rz_{\text{розр.}}$ відбувається за формулою:

$$Rz_{\text{розр.}} = \frac{\text{tg}\varphi \cdot \text{tg}\varphi_1}{\text{tg}\varphi + \text{tg}\varphi_1} S \quad (1.8)$$

Для схеми (рис.1.2, г,д) $Rz_{\text{розр.}}$ визначається за формулою Чебишева:

$$Rz_{\text{розр.}} = \frac{S^2}{8r} \quad (1.9)$$

Якщо різь з забезпечити допоміжною різальною кромкою $\varphi=0$ та довжиною $f>S$ (рис.1.2, в) то $Rz_{\text{розр.}}$ буде дорівнювати 0. Такий різь отримав назву різця В.А.Колесова (прізвище токаря, який запропонував дану конструкцію інструменту). Фактична висота нерівностей при обробці лезовим інструментом, зазвичай, буде більша розрахункової. Це відбувається через пружно-пластичні деформації матеріалу.

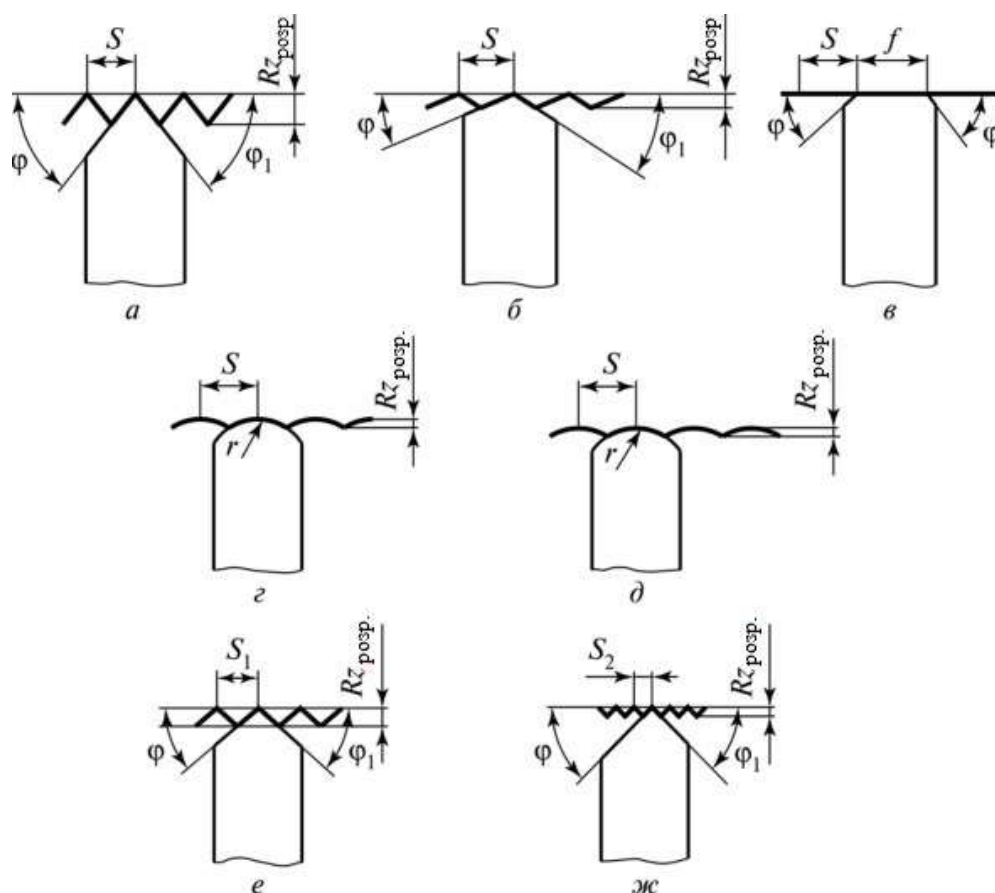


Рис.1.2. Вплив ГПРЧІ на шорсткість поверхні

Також при токарній обробці пластичних металів з невеликою швидкістю різання на передній поверхні різця може виникати нарост – це невеликий шматок металу. Він являє собою спресовані частинки оброблюваного металу, які міцно приварені до передньої поверхні різця. Інколи величина наросту може досягати декількох міліметрів і завдяки високій твердості він здатний навіть різати метал. Рис.1.3 на прикладі показує схему збільшення висоти мікронерівностей за рахунок пластичного відтиску матеріалу з боку допоміжної різальної кромки інструменту. В результаті цього відтиску, фактична висота мікронерівностей виявляється більша ніж $Rz_{\text{розрах.}}$ на величину Δ . Також потрібно врахувати, що при точінні різцем з $0^\circ < \varphi < 90^\circ$, зменшення фактичної висоти в порівнянні з розрахунковою величиною, може відбуватись зрізання утворених нерівностей сходом стружки.

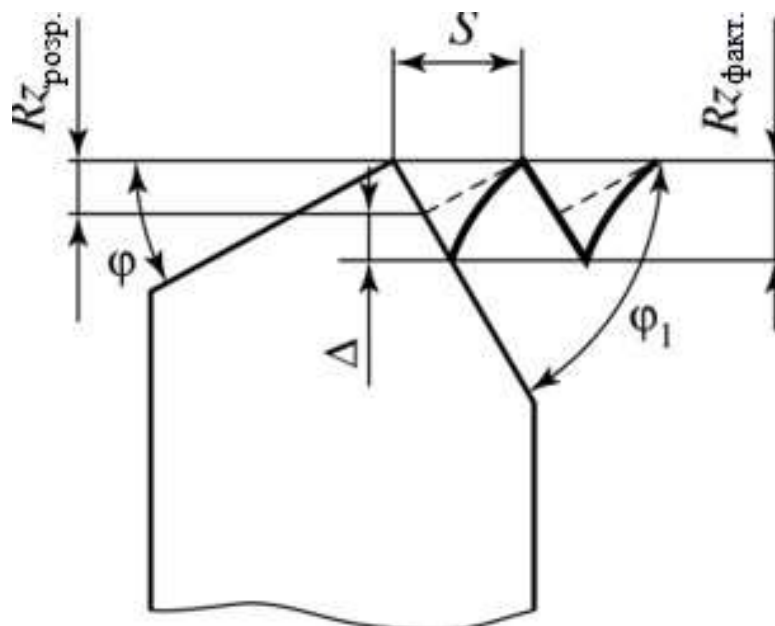


Рис.1.3. Графік зміни висоти мікронерівностей

Виходячи з параметрів режимів різання, найбільший вплив на шорсткість поверхні дають подача S та швидкість V , вплив глибини різання t (h) на шорсткість поверхні зазвичай не несе суттєвого значення.

Швидкість різання впливає на шорсткість поверхневого шару через утворення наросту на інструменті. Нарост змінює геометрію інструменту, а саме, форму його різальної частини та сприяє підвищенню шорсткості поверхні. Залежність

параметра шорсткості R_z від швидкості різання V можна побачити на рис.1.4 (крива 1). Для конструкційних вуглецевих сталей наріст практично повністю відсутній. При цьому фактична висота нерівностей є близькою до її розрахункового значення (пряма 2 на рис.1.4).

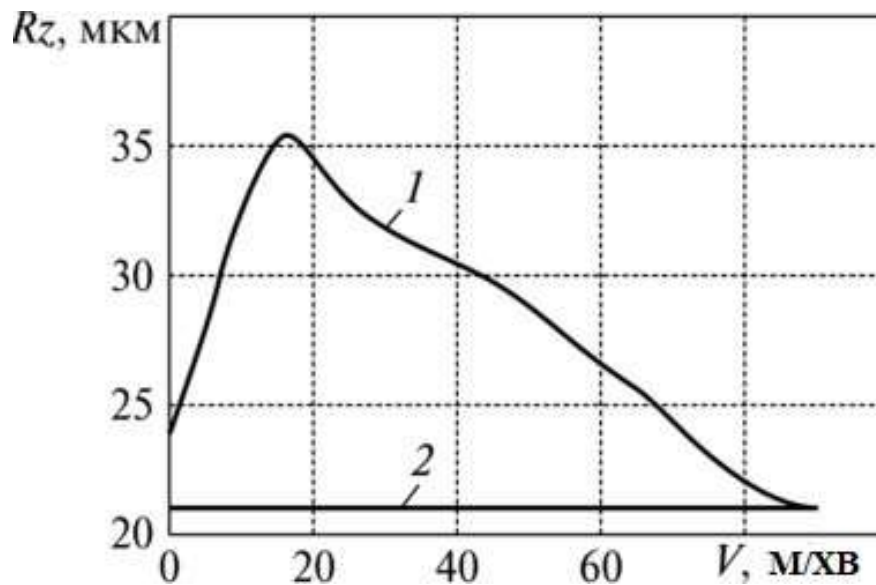


Рис.1.4. Вплив швидкості різання при точінні на параметр R_z шорсткості поверхні матеріалу сталь 45

($S=0,5$ мм/об; $t(h)=1$ мм; $r=1,5$ мм; $\gamma=12^\circ$) рис.1.4 (крива 1), а параметр $R_{z_{\text{розн}}}$ показано на рис.1.4 (пряма 2)

Залежність параметра шорсткості R_z від подачі показано на рис.1.5 (крива 1). При зменшенні подачі в діапазон 0,17-0,09 мм/об зменшується фактична висота нерівностей, яка в цьому діапазоні виявляється близькою до розрахункової, рис.1.5 (крива 2). Далі відбувається зменшення подачі до 0,03мм/об, яка не зменшує фактичну висоту нерівностей, а має практично постійну величину та значно більша за її розрахункове значення. Це можна пояснити тим, що в області малих подач зростають пружно-пластичні деформації матеріалу поверхневого шару, які викликають збільшення фактичної висоти нерівностей.

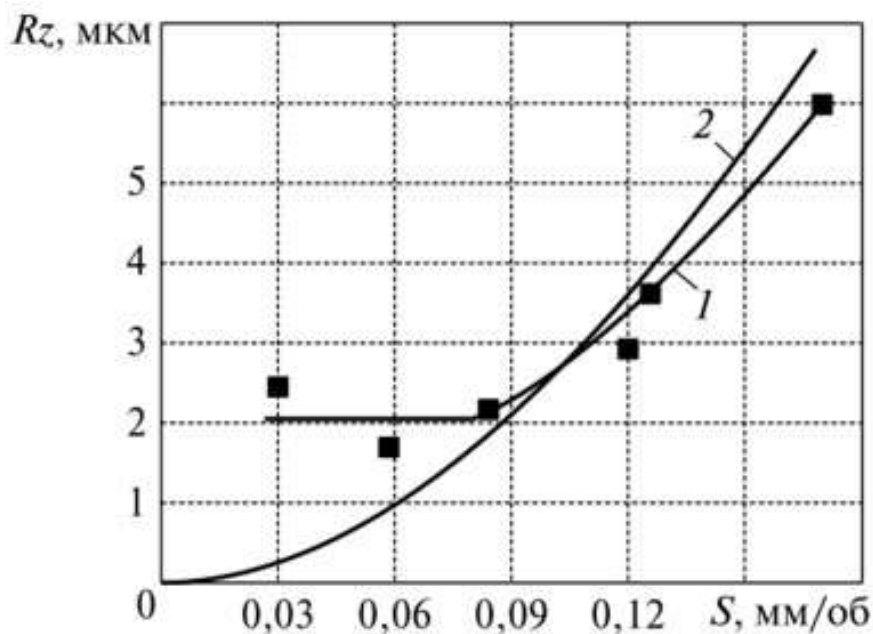


Рис.1.5. Вплив подачі при точінні на параметр R_z шорсткості поверхні матеріалу сталь 45

($V=130$ м/хв; $f(h)=0,25$ мм; $r=0,5$ мм; $\varphi=60^\circ$; $\varphi_1=30^\circ$) рис.1.5 (крива 1), а параметр $R_{z_{\text{розр.}}}$ показано на рис.1.5 (крива 2). Дані А.Д.Макарова.

Отже, при точінні стандартними різцями недоцільно використовувати подачі менші 0,06-0,08мм/об, тому що досягти меншу шорсткість не вийде, але буде менша продуктивність обробки. Однак, при високошвидкісному алмазному точінні заготовок з алюмінію і міді можна використовувати набагато менші подачі, а саме, близько 0,005мм/об. А завдяки гострим різальним кромкам інструменту можливо отримати шорсткість поверхні в діапазоні $R_z=0,025-0,050$ мкм. Також необхідно згадати, що при великих подачах, а саме, $S=1$ мм/об., отримати кращу шорсткість можна використовуючи різці В.А.Колесова (згадані раніше) та їх модифікацій.

Значний вплив на шорсткість поверхні при обробці лезовими інструментами надає хімічний склад, структура матеріалу заготовки та зернистість. При обробці заготовок з сталі, які мають низький відсоток вуглецю, шорсткість поверхні буде більша, ніж у менш пластичних, в яких вміст вуглецю значно більший. Також при однорідній дрібнозернистій структурі сталевих заготовок, параметри шорсткості поверхневого шару будуть менші. Таку структуру можна досягти при відпалі або

нормалізації заготовки. Використання мастильно-охолоджувальної рідини значно зменшить тертя інструменту з заготовкою при обробці та буде сприяти зниженню значень параметрів шорсткості.

1.3 Формування шорсткості поверхні при фрезеруванні

Одним з головних завдань при фрезеруванні площини стоїть вибір діаметра фрези, він залежить, зазвичай, від ширини поверхні яка обробляється, а також від потужних характеристик верстата. Також важливим фактором, при успішному виконанні операції фрезерування, є взаємне розташування оброблюваної поверхні та фрези. Рекомендується вибирати діаметр фрези, який більший ніж ширина фрезерування на 20-50%. Якщо обробка відбувається в декілька проходів, то ширина різання кожного проходу повинна бути 3/4 діаметра інструменту. При такому виборі, формування стружки та навантаження на різальну кромку матимуть оптимальні значення.

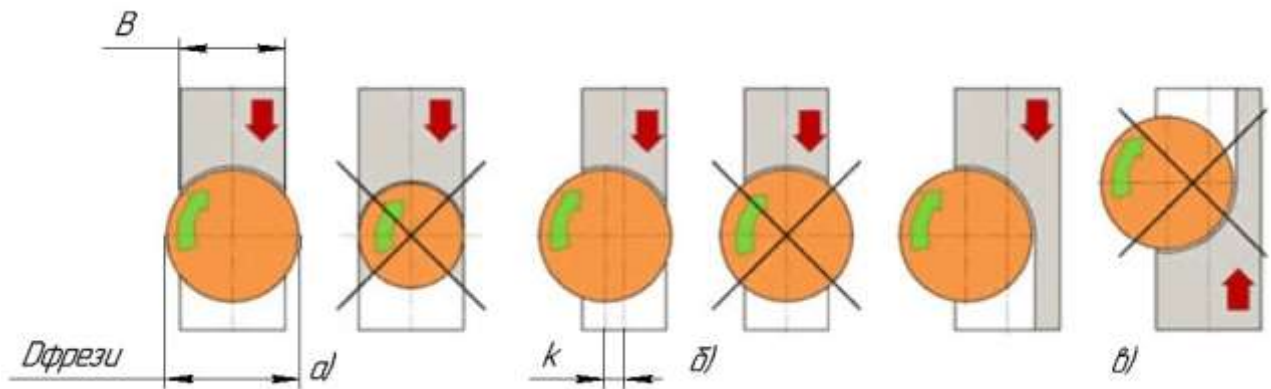


Рис.1.6. Варіанти розташування фрези відносно заготовки

$D_{фрези}$ – діаметр фрези;

B – ширина заготовки;

k – зміщення осі симетрії.

Найкращий розмір (рис.1.6, а), при $D_{фрези}=(1,2-1,5)B$, але не при $D_{фрези}=B$;

Найкраще положення (рис.1.6, б), коли $k = \frac{D_{фрези}-B}{2} - 2..3\text{мм}$

Найкращий метод (рис.1.6, в).

Близьке розташування осі фрези до осі заготовки забезпечує сприятливі ударні навантаження на пластину, надійне формування стружки на вході та оброблення має найкоротшу траєкторію, але коли вісь фрези розташована точно по осі симетрії заготовки, циклічні зміни при врізанні та виході зубів можуть привести до виникнення вібрацій, можливе пошкодження пластини та формування поганої шорсткості поверхні. Тому, якщо діаметр фрези значно більший ширини заготовки, то вісь фрези необхідно змістити з вісі симетрії заготовки (рис.1.6, б).

Також при фрезеруванні торців при можливості необхідно уникати фрезерування площин, які перетинаються з пазами або отворами, в такому випадку різальні кромки будуть працювати в умовах переривчастого різання, що є негативною характеристикою. Операцію свердління отворів потрібно виконувати після фрезерування. Якщо такий варіант виконати неможливо, то на ділянці де є перетин фрези з отворами подачу знижують на 50% від рекомендованої.

При необхідності обробки великої площини, потрібно переривати контакт фрези і заготовки, обходячи поверхню по периметру, а не за кілька паралельних проходів (рис.1.7). Обробка кутів проходить по радіусу, який перевищує радіус фрези, щоб позбутися можливості виникнення вібрацій, які виникають при різкому збільшенні кута охоплення фрези.



Рис.1.7. Схема оброблення великої площини запропонована фірмою Sandvik Coromant

Найчастіше фрезерування має два етапи: чорновий – коли обробка контура відбувається пошарово з невеликим припуском та чистовий – коли залишковий припуск знімається за один прохід фрезою на остаточній глибині.

При чорновому, а особливо чистовому фрезеруванні, інструмент необхідно підводити по траєкторії, яка є дотичною до оброблюваної поверхні або прямою лінією під гострим кутом. Це можна побачити на рис.1.8. По такому ж принципу відбувається відведення фрези. Цих правил необхідно дотримуватись, тому, що при першому врзанні в матеріал заготовки, фреза піддається різкому навантаженню, що може призвести до залишку на поверхні деталі в місці входу сліду чи нерівності або навіть до поломки інструменту. Якщо врзання буде плавним, то навантаження на фрезу буде зростати поступово і поверхня залишиться без пошкоджень.

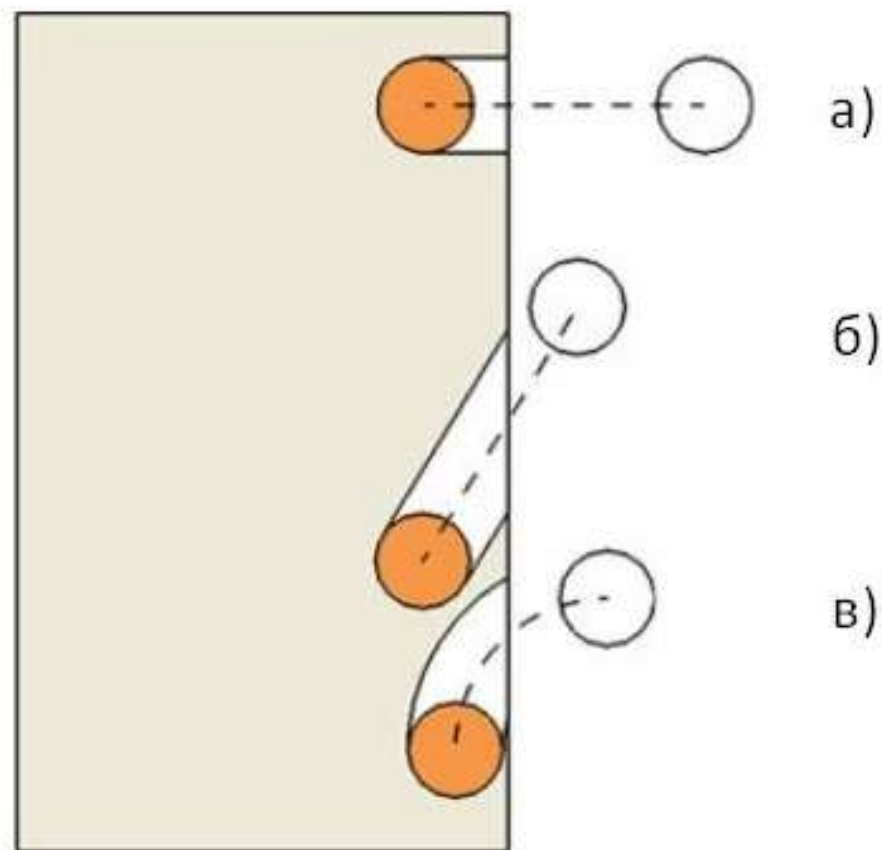


Рис.1.8. Найпростіші способи підведення інструменту

(а-погано, б-добре, в-найкращий варіант)

Напрямок фрезерування:

Розглянемо два методи фрезерування, які визначають напрямок руху інструменту(фрези) відносно заготовки. Відмінність цих методів полягає в умовах входу та виходу зубів фрези різання.

Попутне фрезерування – спосіб, при якому напрямок руху заготовки та вектор швидкості різання мають однаковий напрямок (рис.1.9,а). Товщина стружки в цьому випадку на вході максимальна та зменшується до нуля.

Зустрічне фрезерування використовується частіше – спосіб, при якому вектор швидкості різання та рух подачі заготовки мають протилежні напрямки (рис.1.9,б). При врізанні товщина стружки рівна нулю, а на виході має максимальне значення.

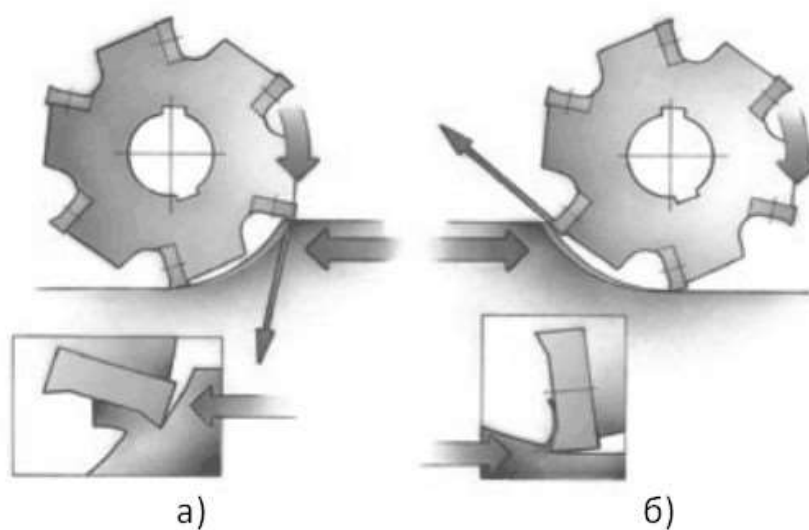


Рис.1.9. Напрямки фрезерування (а – попутне, б – зустрічне)

При зустрічному фрезеруванні, коли стружка починається з нульової товщини, в зоні різання виникають високі сили тертя, відбувається, так зване «відштовхування» фрези від заготовки. Процес різання більше нагадує вигладжування, утворюються високі температури і підвищується тертя. З цього впливають небажані зміцнення поверхневого шару деталі.

При попутному фрезеруванні умови набагато сприятливіші. При врізанні виникає найбільша товщина стружки, що є перевагою в даному випадку. Немає високих температур в зоні різання та мінімальна схильність матеріалу заготовки до зміцнення. Сили різання, що виникають, «притискають» заготовку до стола верстата, а пластини в посадочні місця корпусу, при цьому виникає надійне кріплення.

Під час фрезерування стружка налипає на різальну кромку та перешкоджає її роботі при наступному врізанні. При зустрічному фрезеруванні це негативне явище може привести до заклинювання стружки між пластиною та заготовкою, в такому випадку відбудеться пошкодження пластини. Попутне фрезерування дає змогу уникнути таких ситуацій. Але цей процес має також певні труднощі. Сили різання прагнуть затягнути фрезу на оброблюваний припуск і притиснути заготовку. Так як напрямки швидкості різання та напрям подачі збігаються, в механізмі подачі столу необхідно мати беззazorний привід. В іншому випадку зсув під дією сили різання столу або заготовки може привести до «підривання» - раптового збільшенню подачі на зуб, відбудеться поломка.

Головний кут в плані та вплив його на процес фрезерування:

Вимірюється кут між головною різальною кромкою пластини та поверхнею, яка обробляється. Він має великий вплив на сили різання і стійкість інструменту. При зменшенні кута в плані утворюється більш тонка стружка при однаковому діапазоні подач. Зменшення товщини стружки відбувається за рахунок розподілу однакового обсягу матеріалу що знімається на більшій довжині різальній кромки. Чим менший кут в плані тим різальна кромка більш плавно входить в матеріал і виходить з нього. Це призводить до зменшення радіальної складової сили різання та відбувається захист різальної кромки від небажаних надломів. В протилежному випадку, відбувається збільшення осьової сили різання, що є негативним явищем та викликає погіршення якості поверхні. Зазвичай фрези випускаються, головний кут яких 90° , 45° , 10° та фрези, які мають круглі пластини.

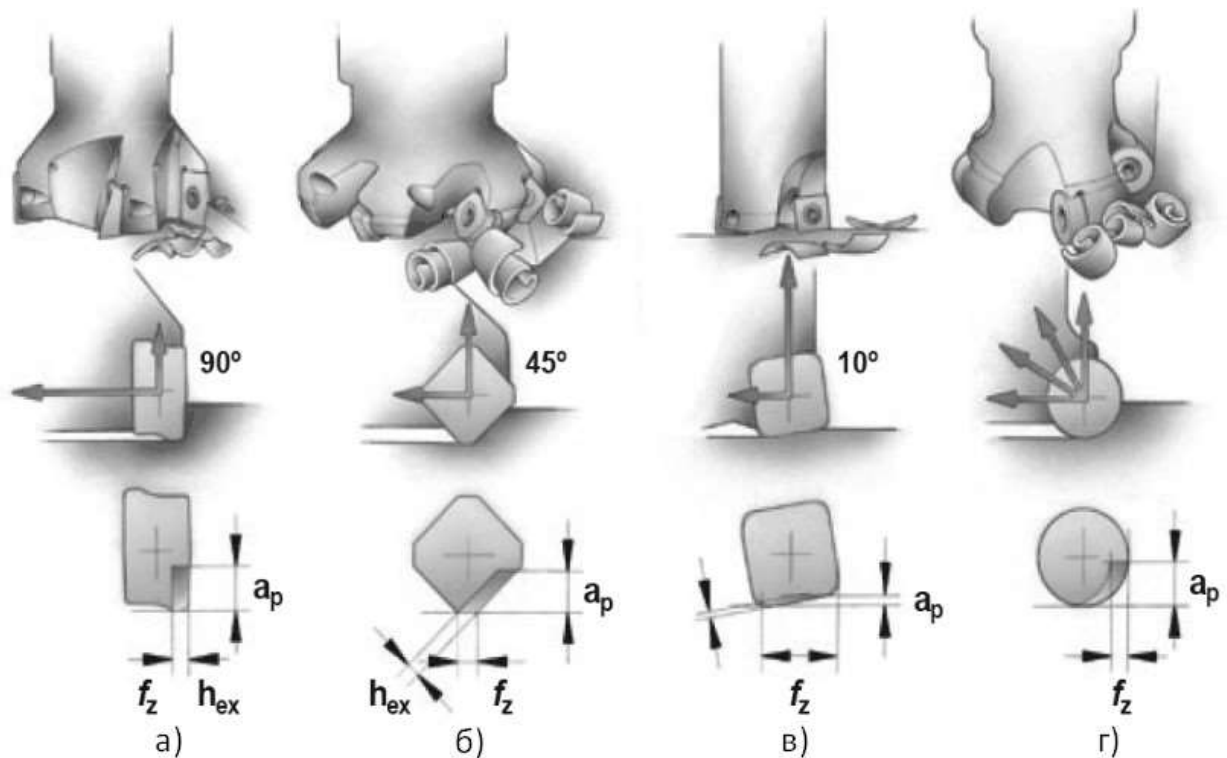


Рис.1.10. Вплив головного кута в плані на напрямок сили різання та товщину шару матеріалу, який зрізається (а - 90° ; б - 45° ; в - 10° ; г - кругла пластина)

Фреза з кутом в плані 90° має силу різання, яка спрямована радіально і відповідає напрямку подачі (рис.1.10,а). Отже, поверхня яка обробляється не піддається великому тиску, це позитивно впливає на нежорсткі заготовки. Область застосувань таких фрез – це оброблення прямокутних уступів.

Фреза з кутом в плані 45° має майже однакові осьові та радіальні сили різання (рис.1.10,б). Дану геометрію фрез найчастіше застосовують, особливо рекомендуються для обробки матеріалів, які дають елементну стружку і здатні до крихкого руйнування при значних радіальних силах на виході інструменту. Під час врізання фрези менша схильність до вібрації, якщо великий вильот інструменту та менше навантаження на різальну кромку. Менша товщина шару матеріалу, який зрізається дозволяє збільшити подачу, при цьому підвищує продуктивність обробки.

Фреза з кутом в плані 10° найбільше використовується для повздовжнього фрезерування на великих подачах та при плунжерному фрезеруванні, коли характерні невеликі товщини стружки і високі параметри швидкості (рис.1.10,в). В ході такого оброблення виникають низькі радіальні сили різання, що є перевагою. Відбувається зменшення схильності до вібрації і можна збільшити швидкість знімання шару матеріалу.

Фреза з круглими пластинами має змінний кут в плані від 0° до 90° , залежить від необхідної величини знімання припуску (рис.1.10, г). Ці фрези в даному переліку, мають найбільш міцну різальну кромку і здатні працювати на великих подачах, тому що утворюється досить тонка стружка на великій довжині різальної кромки. Область застосувань таких фрез – важкооброблювані матеріали, типу титан та жароміцні сплави. Вектори сил різання змінюються вздовж радіуса пластини, отже напрямок результуючого навантаження залежить від глибини різання.

На сьогоднішній день, майже всі фрезерні верстати з ЧПК мають високу точність обробки. В першу чергу це дозволяє отримати необхідну шорсткість поверхні вже на операції чистового фрезерування – та не має місця етапу шліфування чи полірування деталі. Однак, потрібно пам'ятати, що на кожному переході необхідно досягти мінімальну шорсткість. Це взагалі недоцільно з економічної точки зору, чим нажча шорсткість – тим більші витрати на обробку, також інструмент більш зношується та підвищується час на ТП. Отже, шорсткість має бути визначена в кожному конкретному випадку виходячи з вимог креслення, а також рекомендацій

Висновок: Проаналізовано теоретичний матеріал, розглянуті основні поняття про оброблення лезовими інструментами, характеристики якості, які можна отримати в результаті точіння та фрезерування на площині. Оцінивши всі чинники, що впливають на шорсткість поверхні, можна розробити технологічний процес та забезпечити всі необхідні параметри якості поверхні.

РОЗДІЛ II

Експериментальні дослідження та результати вимірів

2.1 Модуль на основі профілометра моделі 296

Під час проведення досліджень був використаний модуль для вимірювання поверхонь(рис.2.1), який створений на основі профілометра моделі 296, призначеного для вимірювання шорсткості поверхонь в діапазоні

$R_a = 0,02-10\text{мкм}$ з довжиною вимірювальної траси 1,5-6 мм. Працює модуль на принципі ощупування алмазною голкою щупа поверхні яка досліджується. Голка має невеликий радіус заокруглення та перетворення виникаючих при цьому механічних коливань щупа в зміну електричного сигналу, пропорційного цим коливанням. [3]

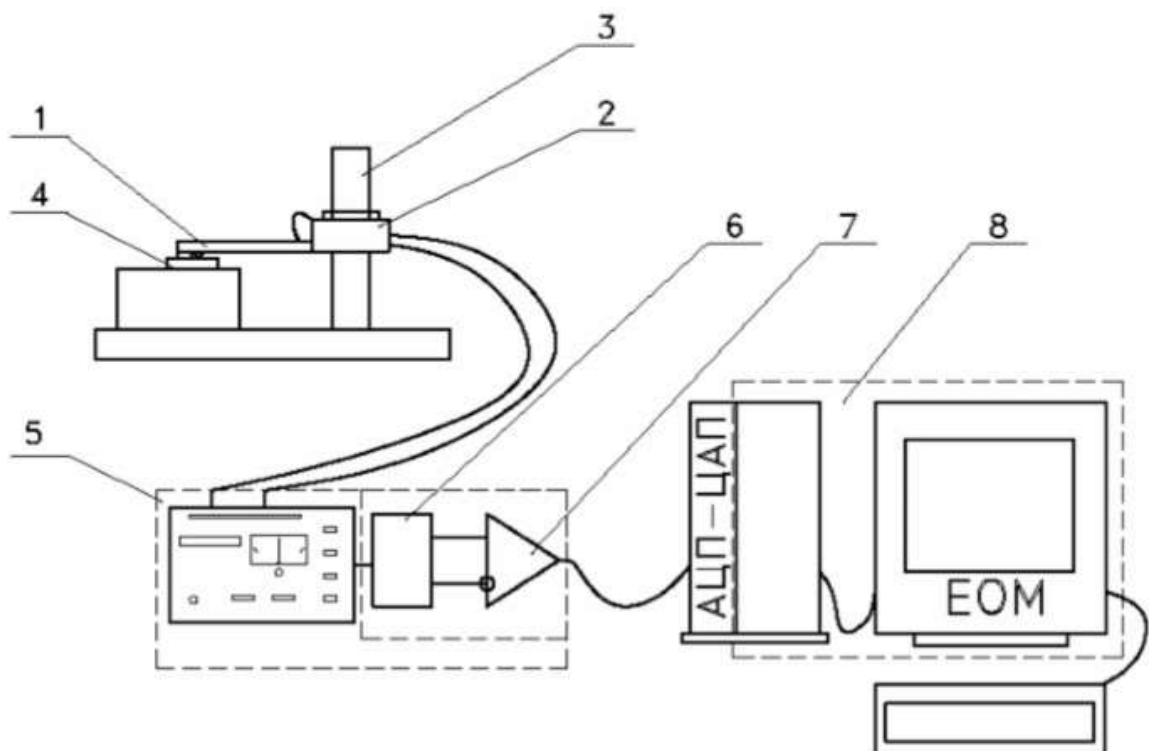


Рис. 2.1. Блок схема модуля для вимірювання фасонних профілів [3]

Датчик 1 – перетворює лінійні коливання голки, які відповідають профілю поверхні. Мотопривод 2 – забезпечує переміщення датчика 1 по поверхні 4, що вимірюється, мотопривод встановлений на стійці 3. Блок спряження 5 складається з фільтра низьких частот 6 типу RC та підсилювача 7. Фільтр призначений для виділення сигналу в діапазоні 0...250Гц. Сигнал з блока спряження поступає на аналого-цифровий перетворювач (АЦП), встановлений в блоці 8 електроннообчислювальної машини (ЕОМ). Модуль дозволяє проводити запис та обробку сигналу, а також порівняння отриманого профілю поверхні з існуючою моделлю або з результатами, отриманими за допомогою інших засобів вимірювання. Необхідні характеристики поверхні визначаються за допомогою спеціально розроблених методів та прикладних програм. Модуль дозволяє вимірювати профілі довжиною до 40 мм та висотою до 1 мм з точністю 0,001 мм, при використанні алмазної голки з радіусом округлення 0,01 мм та застосуванні додаткового математичного апарата. В електронній схемі блока спряження можливо змінювати діапазон вимірювання профілю по висоті від 10 мкм до 1 мм. [3]



Рис. 2.2. Модуль для вимірювання фасонних профілів

На рис.2.3 представлена схематична методика вимірювання та обробки результатів, результати вимірювання параметрів фасонних поверхонь, наприкладі протяжки. Вимірювання фасонного профілю проводиться в декілька етапів. Спочатку проводиться тарування величини вертикальних та горизонтальних переміщень алмазної голки, тобто визначаються масштабні коефіцієнти по осях. Тарування вертикальних переміщень проводиться на всьому вимірюваному діапазоні по набору плоскопаралельних кінцевих мір довжини. Тарування горизонтальних переміщень проводиться на всій вимірюваній довжині переміщення датчика за допомогою повіреної лінійки, а для більш точного тарування використовується еталонна міра шорсткості з регулярним мікропрофілем. Далі проводяться вимірювання профілю, результати якого, за допомогою масштабних коефіцієнтів, приводяться до метричної системи координат деталі. Обробка результатів вимірювання може проводитися в різноманітних системах, наприклад, MathCad, MatLab, DelCam, AutoCad та інші. Основою для розрахунків є модель вимірюваної деталі. При обробці результатів вимірюваний профіль розбивається на

елементарні поверхні – прямолінійні та криволінійні та визначаються точки прив'язки до системи координат деталі. За допомогою спеціально розробленого математичного апарата визначаються похибки відносно моделі.[3]

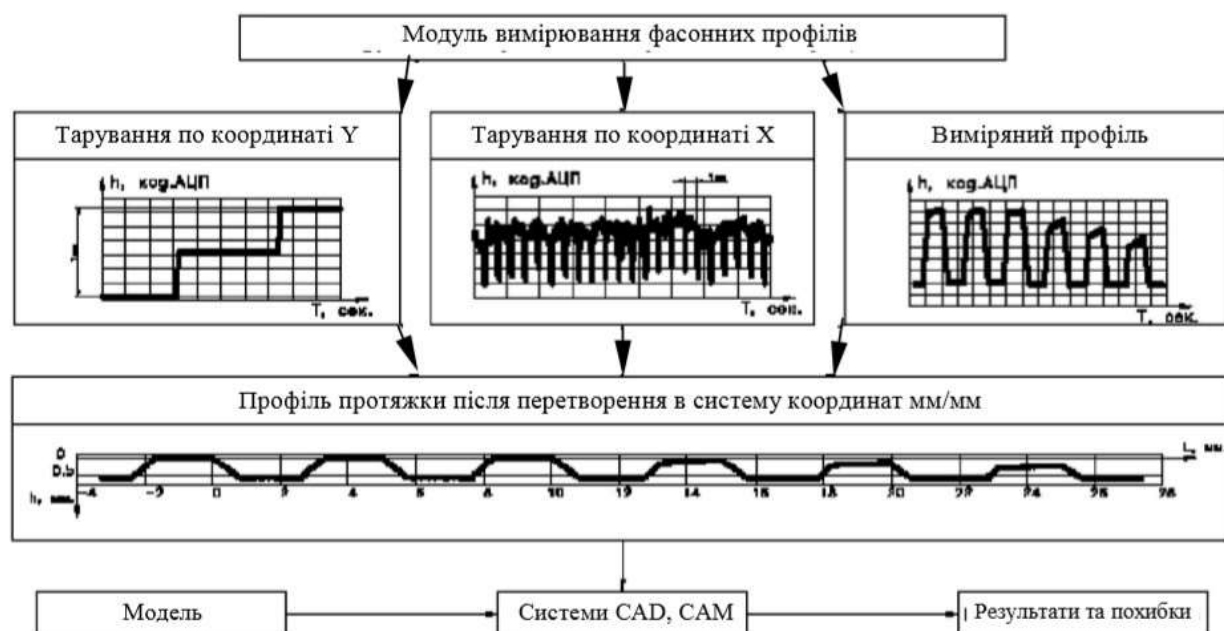


Рис. 2.3. Схематична методика вимірювання та обробки результатів [3]

2.2 Схеми оброблення фрезеруванням

Одним із головних етапів при розробці технологічного процесу виготовлення деталі «Фреза» є вибір траєкторії руху інструменту, тобто схема оброблення. Головним завданням якого є якість поверхні та оброблення повинно проходити за мінімально можливий час. В даній роботі розглядається чотири схеми фрезерування, а саме: фрезерування по зигзагу (рис.2.4,а), спіральне фрезерування(рис.2.4,б), фрезерування по колу знімаючи однакову ширину припуску(рис.2.4,в) та фрезерування по колу на повний діаметр фрези(рис.2.4,г).

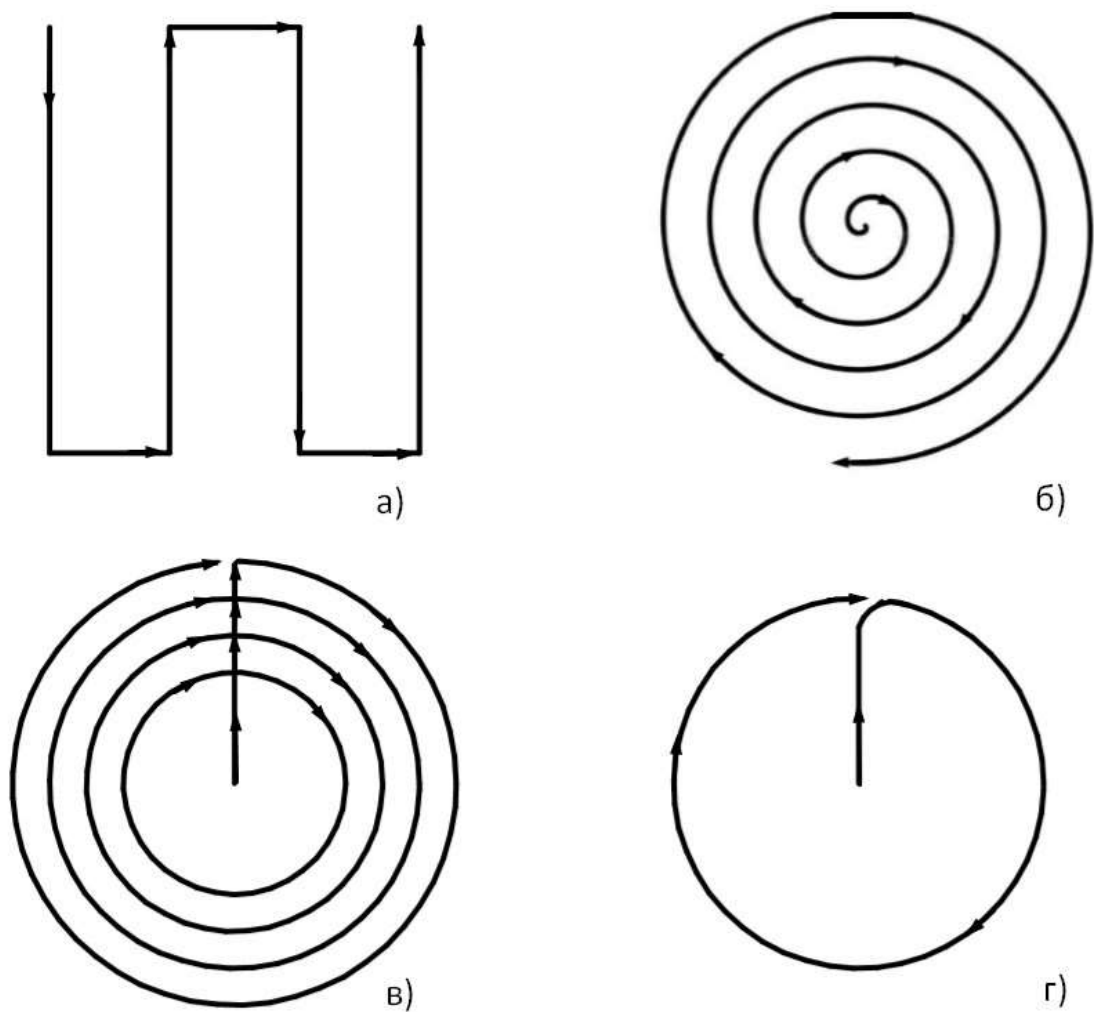


Рис. 2.4. Схеми фрезерування

Деталь спроектована в CAD - системі SolidWorks 2018. Всі схеми доступні для практичного застосування, кожна з якої має свої переваги та недоліки.

Для написання управляючої програми було використано CAM - систему. HSM Works – ця функція вбудована в середовище SolidWorks 2018.

2.2.1 Фрезерування по зигзагу

Схемою, фрезерування по зигзагу, було оброблено зразок під номером 4 (рис.2.5).

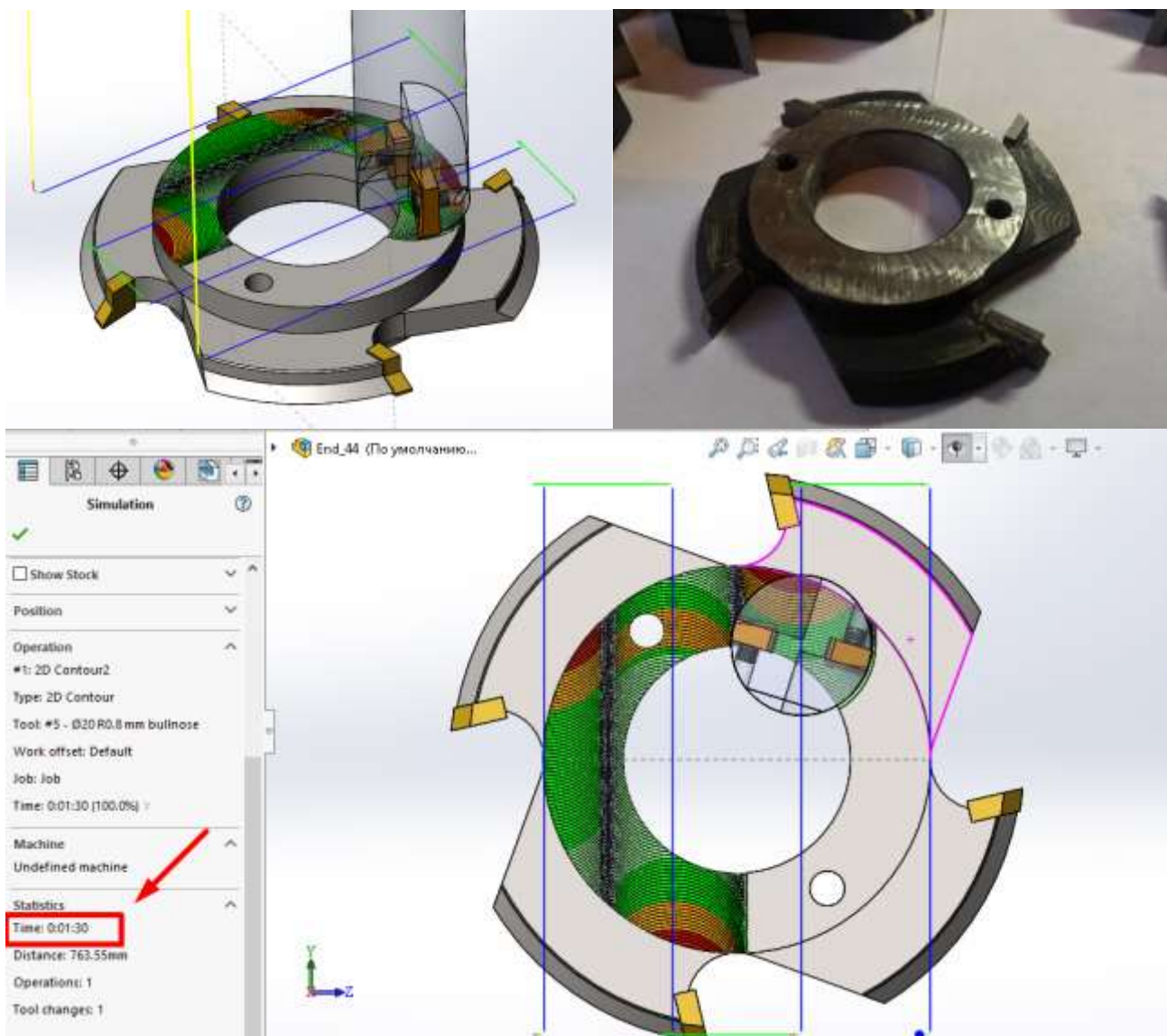


Рис. 2.5. Деталь 4 поверхня 2

Під час моделювання процесу оброблення були виявлені ділянки найбільш навантажені, які негативно впливають на шорсткість поверхні та ділянки де навантаження є оптимальним. Фрезерування відбувається без циклічного зняття припуску, тому в ході роботи сили різання різко змінюються, що спричиняє вібрації та погіршується якість поверхні. Час оброблення складає 1 хвилина 30 секунд.

2.2.2 Спиральне фрезерування

Схемою, спіральне фрезерування, було оброблено зразок під номером 2 (рис.2.6).

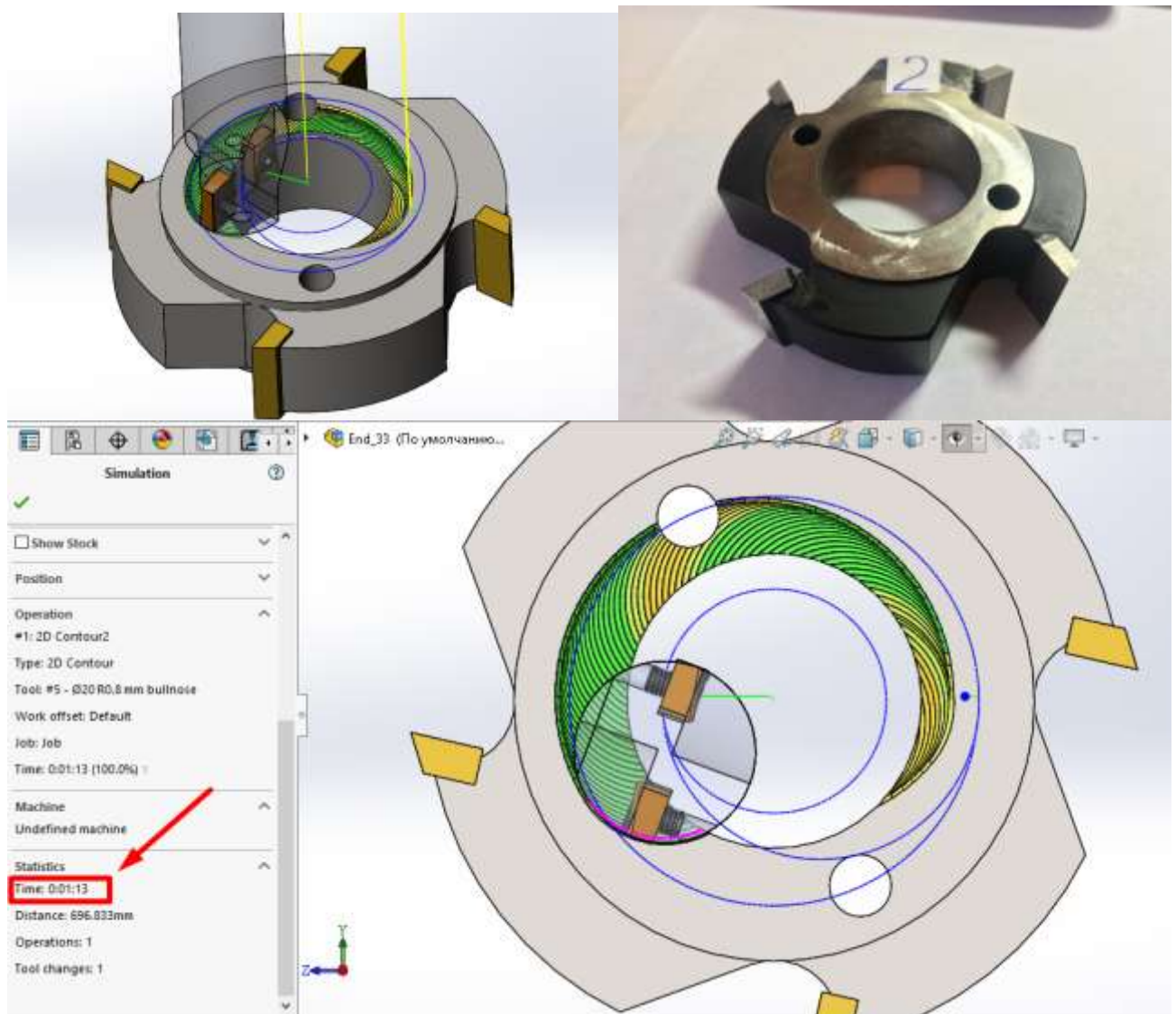


Рис. 2.6. Деталь 2 поверхня 1

Дана схема фрезерування має плавний вхід в матеріал, має кращі характеристики якості порівняно з попереднім експериментом. Час оброблення складає 1 хвилина 13 секунд.

2.2.3 Фрезерування по колу знімаючи однакову ширину припуску

Схемою, фрезерування по колу знімаючи однакову ширину припуску, було оброблено зразок під номером 1 (рис.2.7).

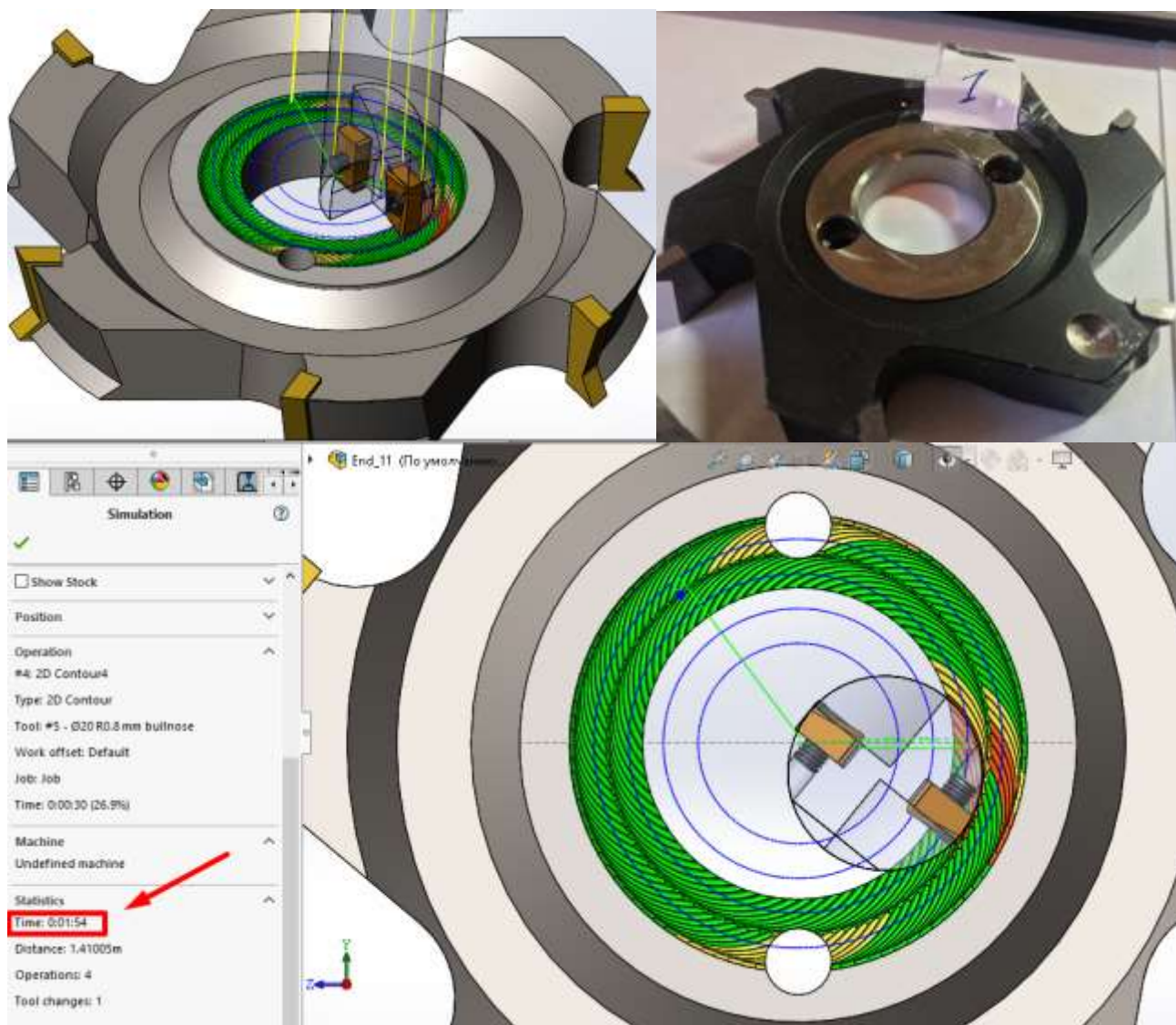


Рис. 2.7. Деталь 1 поверхня 1

Дотримуючись такої схеми фрезерування, можна отримати необхідну шорсткість поверхні але продуктивність при такій траєкторії зменшиться в рази. Час оброблення складає 1 хвилина 54 секунди.

2.2.4 Фрезерування по колу на повний діаметр фрези

Схемою, фрезерування по колу на повний діаметр фрези, було оброблено зразок під номером 3 (рис.2.8).

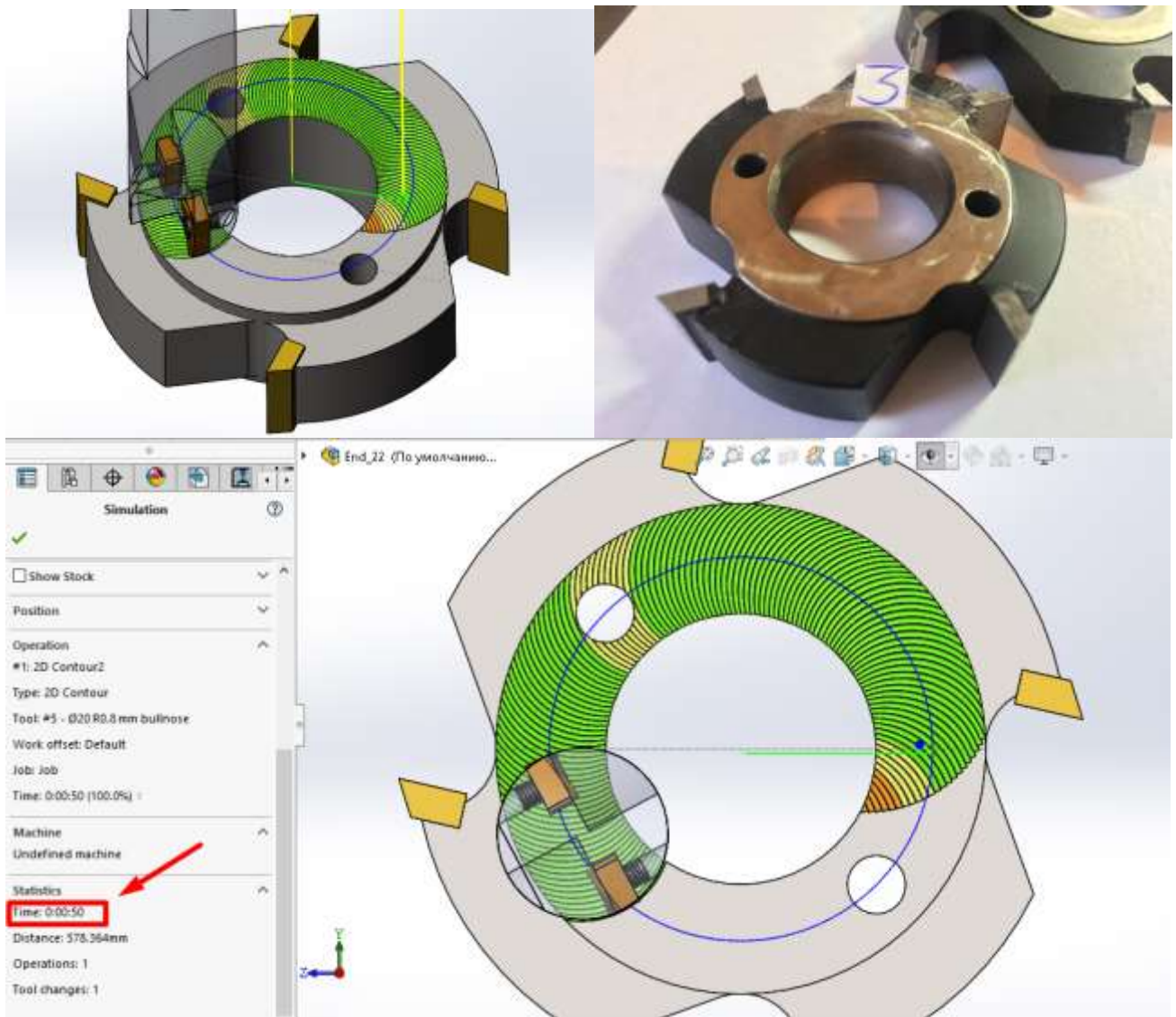


Рис. 2.8. Деталь 3 поверхня 1

Під час моделювання процесу оброблення було виявлено рівномірне навантаження майже на всіх ділянках. Фрезерування відбувається з циклічним зняттям припуску, якість поверхневого шару знаходиться в допустимих значеннях(рис.1.6, а). Час оброблення складає 50 секунд.

2.3 Схема оброблення точінням

Щоб дослідити параметри шорсткості поверхневого шару після операції точіння, було оброблено зразок під номером 5 (рис.2.9).

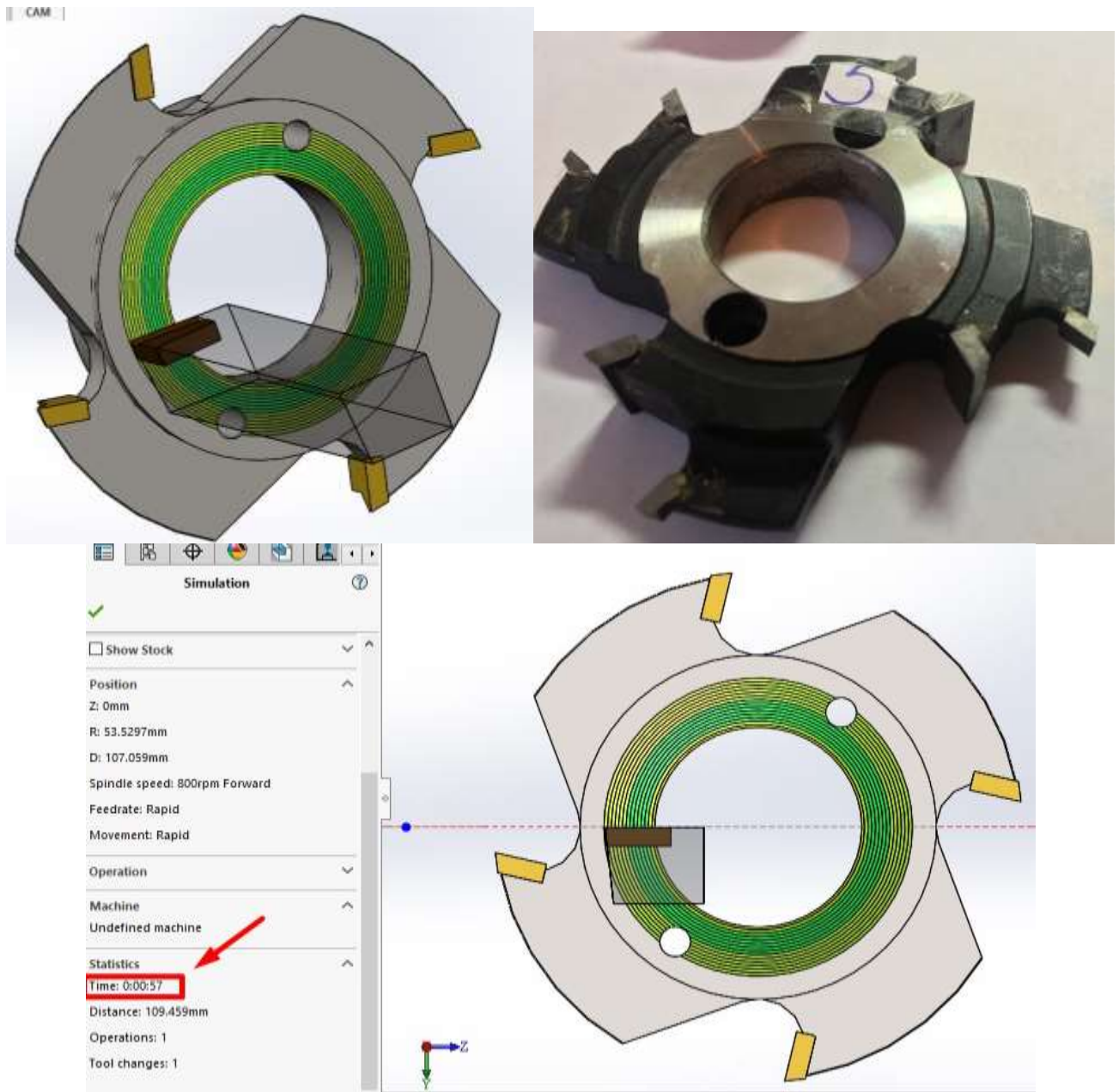


Рис. 2.9. Деталь 5 поверхня 1

Під час моделювання процесу оброблення було виявлено рівномірне навантаження майже на всіх ділянках. Точіння відбувається з циклічним зняттям припуску, якість поверхневого шару знаходиться в допустимих значеннях. Час оброблення складає 57 секунд.

2.4 Вимірювання шорсткості та аналіз отриманих результатів в MathCad

Після зняття параметрів шорсткості профілометром, були отримані файли (Додаток Г) та проаналізовані в середовищі MathCad.

На першому етапі при вимірюванні шорсткості поверхні відбувається тарування приладу (рис.2.3) по горизонтальній (рис.2.10) та по вертикальній (рис.2.11) вісях за формулами:

$$M_l = \frac{80 \cdot n}{\Delta t}; \quad (2.1)$$

$$M_r = \frac{30}{\Delta_{\text{код}}}; \quad (2.2)$$

де, M_l – тарувальний коефіцієнт по горизонтальній вісі;

M_r – тарувальний коефіцієнт по вертикальній вісі;

n – кількість максимальних виступів (рис.2.10);

Δt – час, від першого виступу до n (рис.2.10);

$\Delta_{\text{код}}$ – різниця між середніми лініями максимального та мінімального коду (рис.2.11).

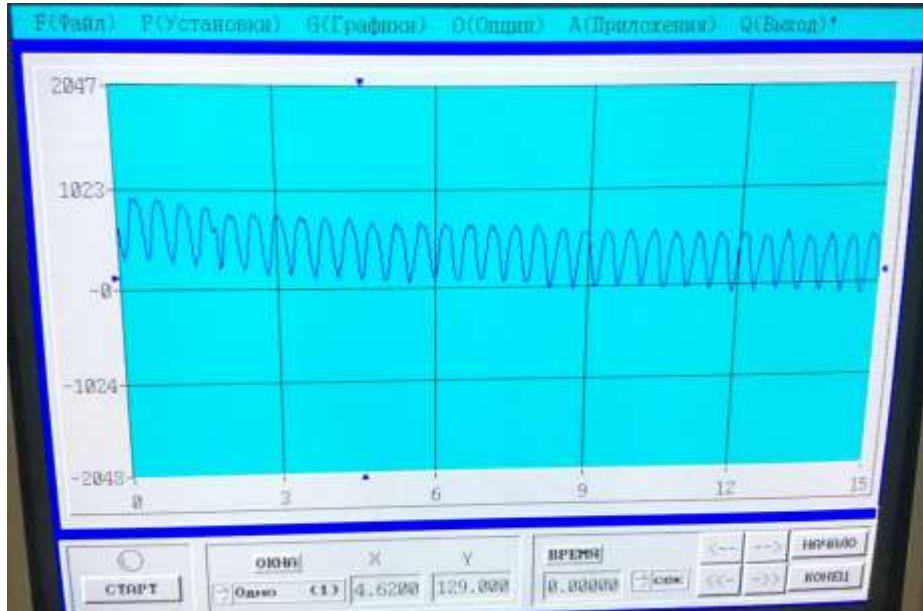


Рис. 2.10. Тарування по горизонтальній вісі

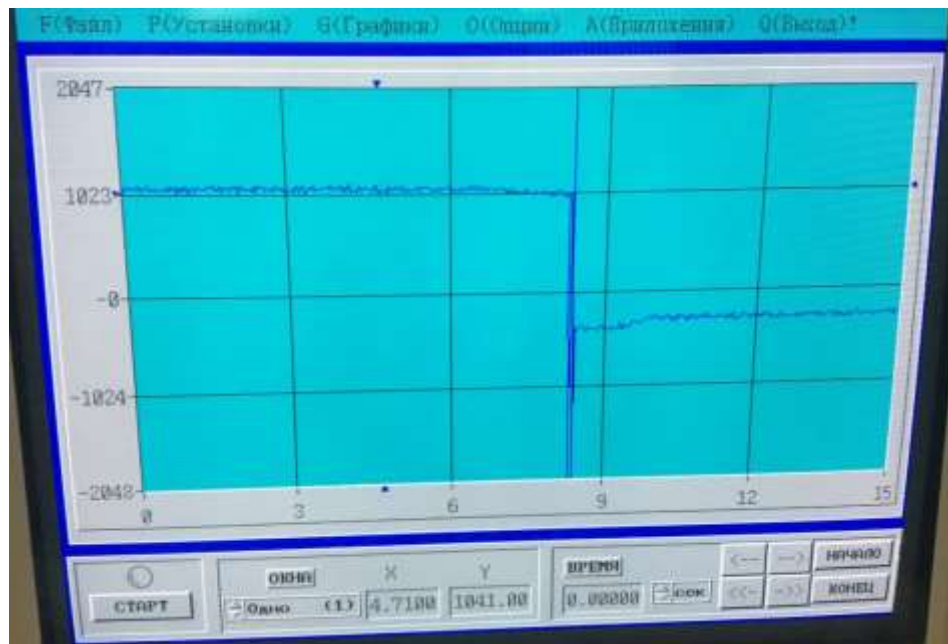


Рис. 2.11. Тарування по вертикальній вісі

$$M_l = \frac{80 \cdot n}{\Delta t} = \frac{80 \cdot 64}{14,75} = 347 \text{ мкм/сек}; \quad (2.3)$$

$$M_r = \frac{30}{\Delta \text{код}} = \frac{30}{1363} = 0,022 \text{ мкм/код}; \quad (2.4)$$

Приймаємо, $M_l=0,347\text{мм/сек}$, $M_r=0,022\text{мкм/код}$.

Профілі поверхневого шару після перетворень мають наступний вигляд:

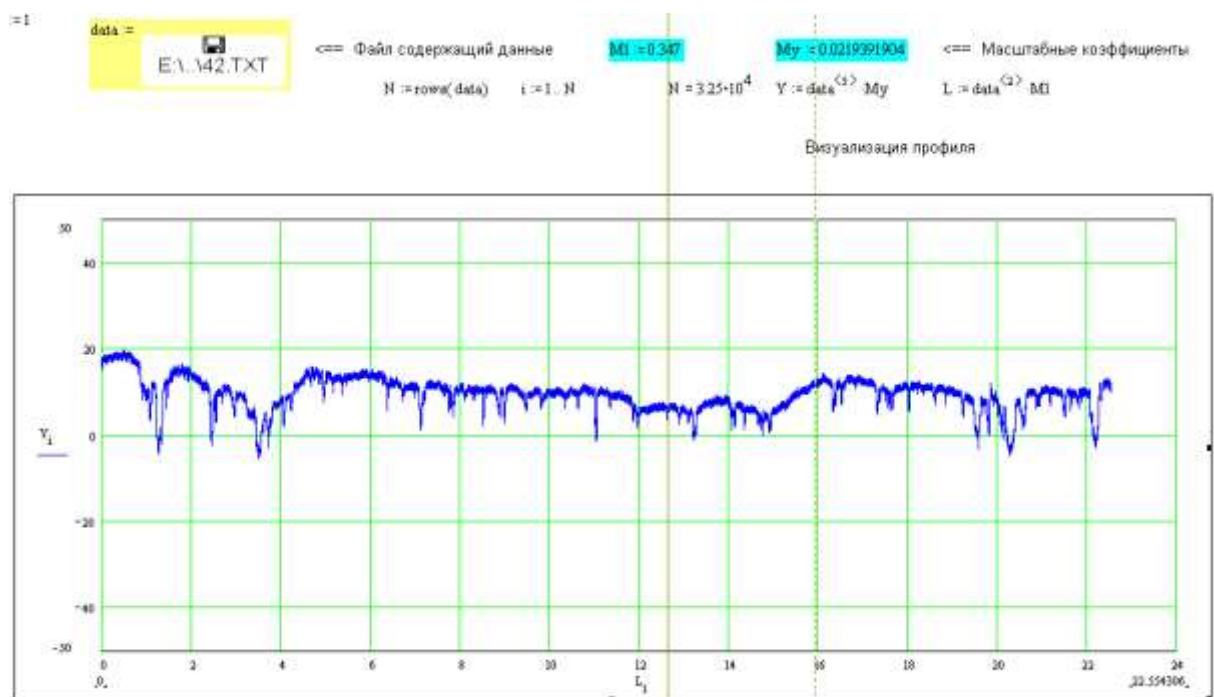


Рис. 2.12. Профіль поверхні (фрезерування по зигзагу)

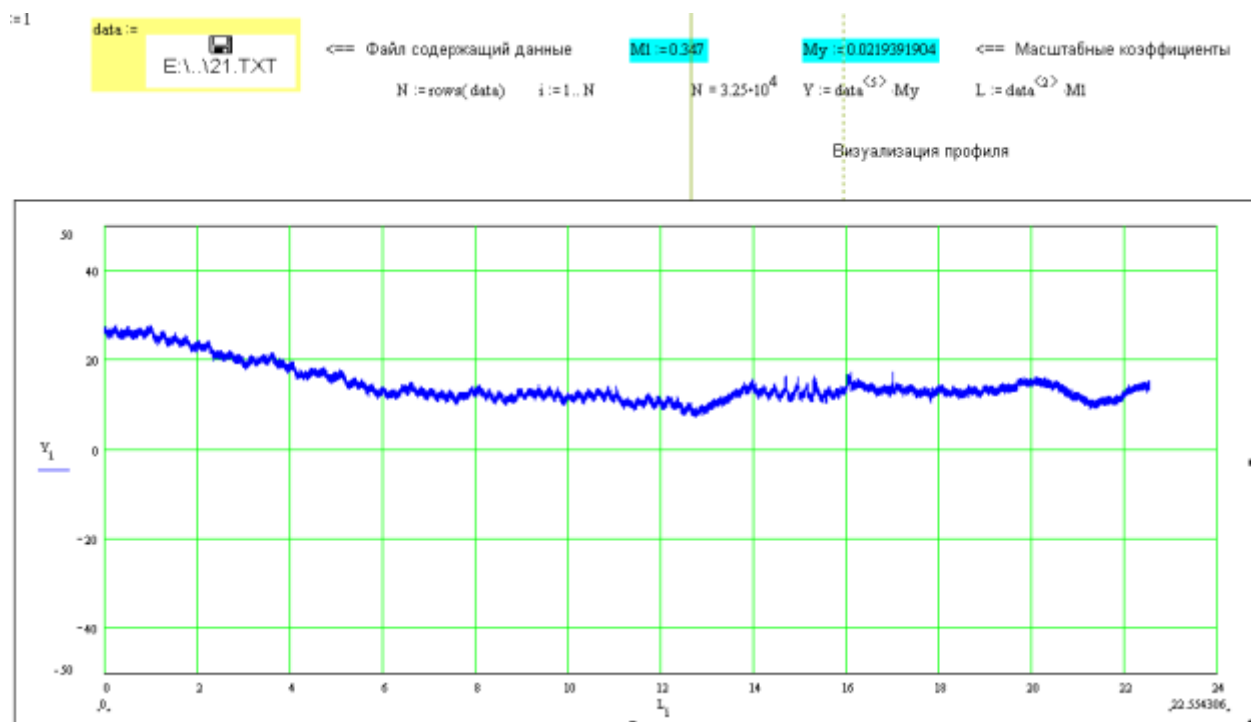


Рис. 2.13. Профиль поверхні (спіральне фрезерування)

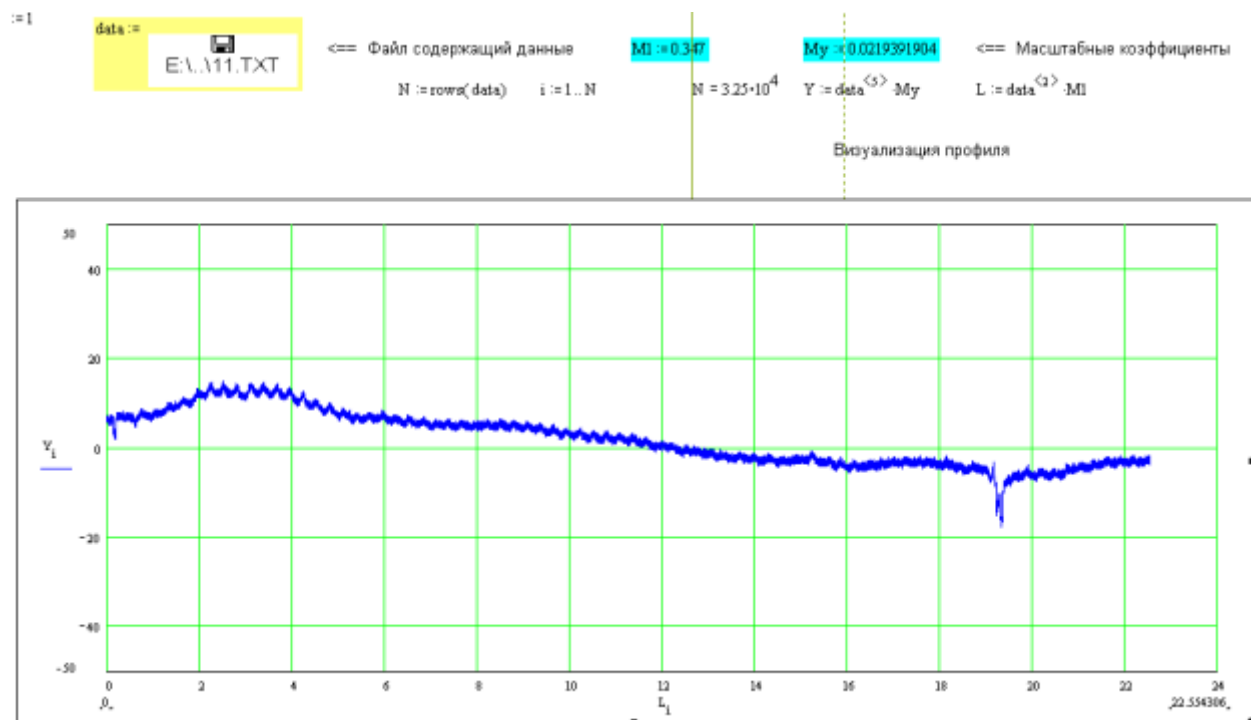


Рис. 2.14. Профиль поверхні (Фрезерування по колу знімаючи однакову ширину припуску)

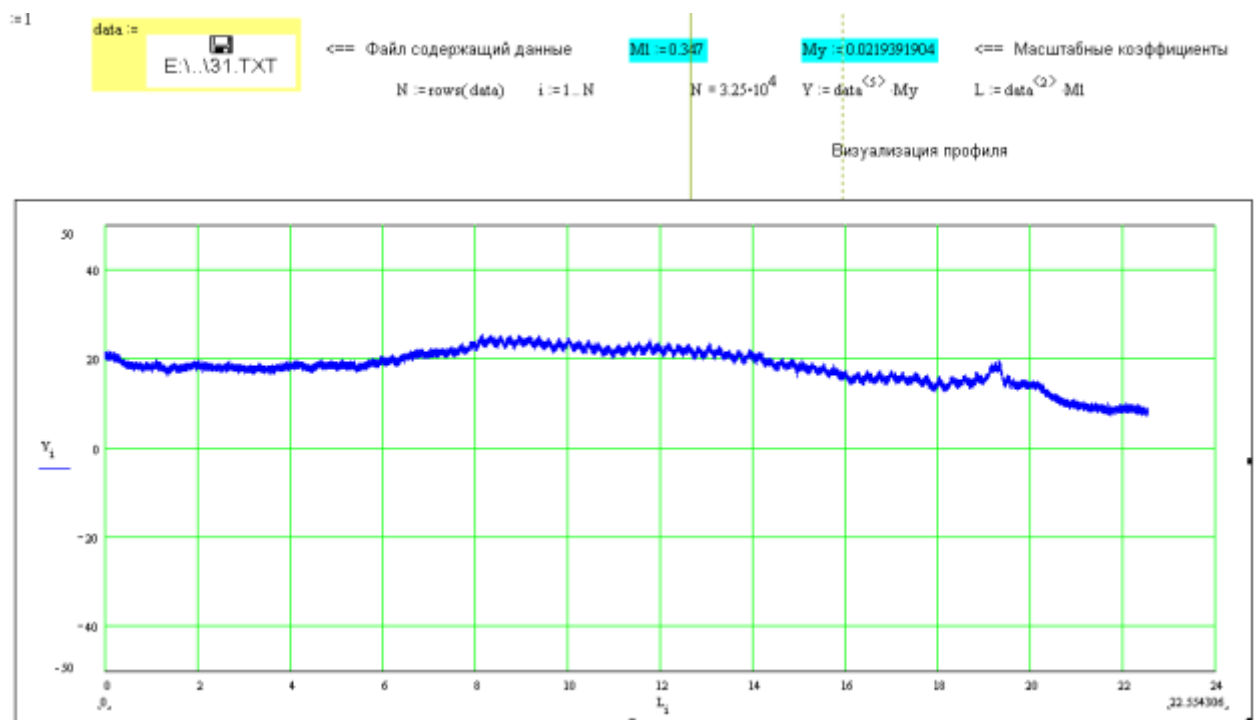


Рис. 2.15. Профіль поверхні (Фрезерування по колу на повний діаметр фрези)

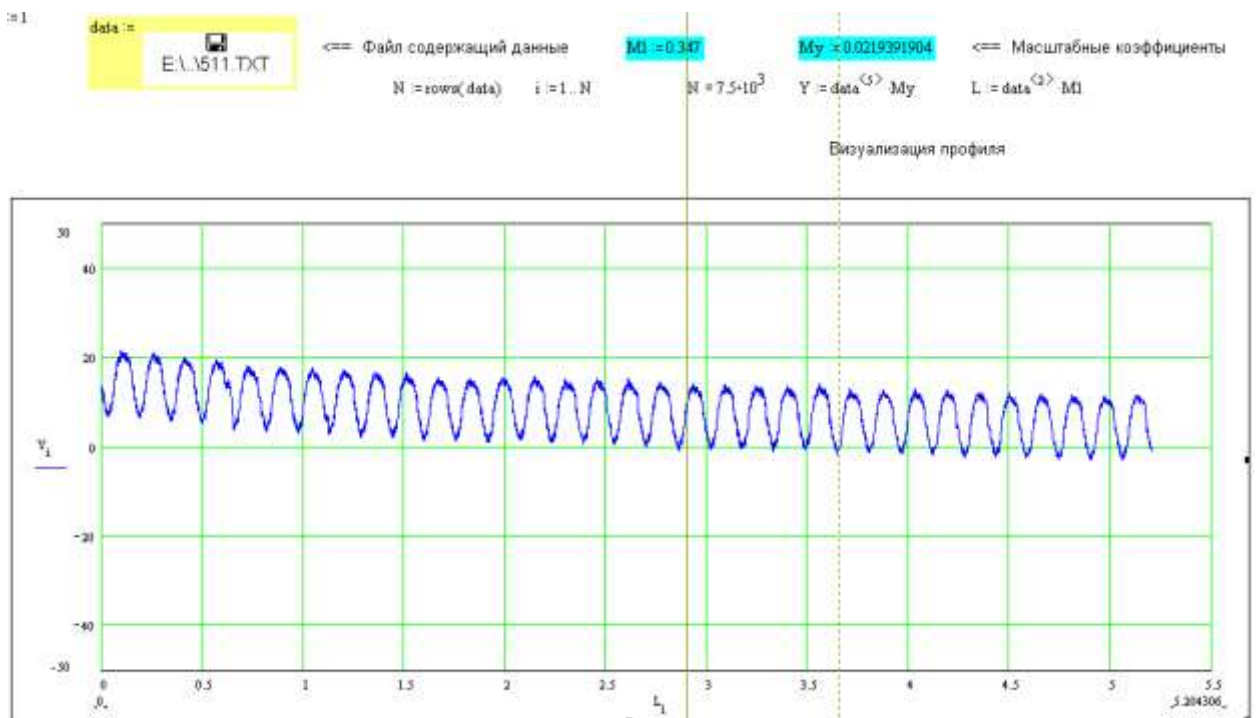


Рис. 2.16. Профіль поверхні (точіння)

В даній дисертації було проведено по три вимірювання десяти поверхонь (табл.2.1) та представлені параметри Ra за формулою 1.1, параметр Sm за формулою 1.4.

Таблиця 2.1 – Параметри шорсткості досліджуваних поверхонь

Деталь, №	Сторона, №	Ra, мкм			Sm, мкм			Файл
		1	2	3	1	2	3	
1	1	0,303	0,099	0,084	233	74	70	11
	2	0,118	0,101	0,099	82	61	43	12
2	1	0,454	0,402	0,497	274	264	201	21
	2	0,159	0,395	0,208	60	220	55	22
3	1	0,433	0,086	0,093	195	45	77	31
	2	0,186	0,176	0,178	82	74	47	32
4	1	2,043	1,641	5,192	134	175	239	41
	2	1,079	0,822	2,226	344	160	241	42
5	1	4,457	4,506	3,991	144	146	146	51
	2	4,507	3,982	4,273	148	148	144	52

Висновок: Досліджено чотири схеми оброблення фрезеруванням та одну схему оброблення точінням. Оцінено всі результати вимірювання та час на операцію. З технологічної точки зору найкращим варіантом є оброблення поверхні точінням, тому для забезпечення якості поверхневого шару, ТП розробляється з використанням даного переходу.

РОЗДІЛ III

Технологічний розділ

3.1 Аналіз службового призначення та умов роботи деталі у вузлі

3.1.1 Аналіз конструктивних особливостей та її класифікація

Проаналізувавши модель (рис.3.1) та розглянувши креслення (рис.3.2) деталі «Фреза» можна зробити висновок, що представлена вся необхідна кількість проєкцій, перерізів та видів, які дають змогу уявити повністю про конструктивні особливості деталі. Модель була розроблена за допомогою CAD системи SolidWorks 2018.

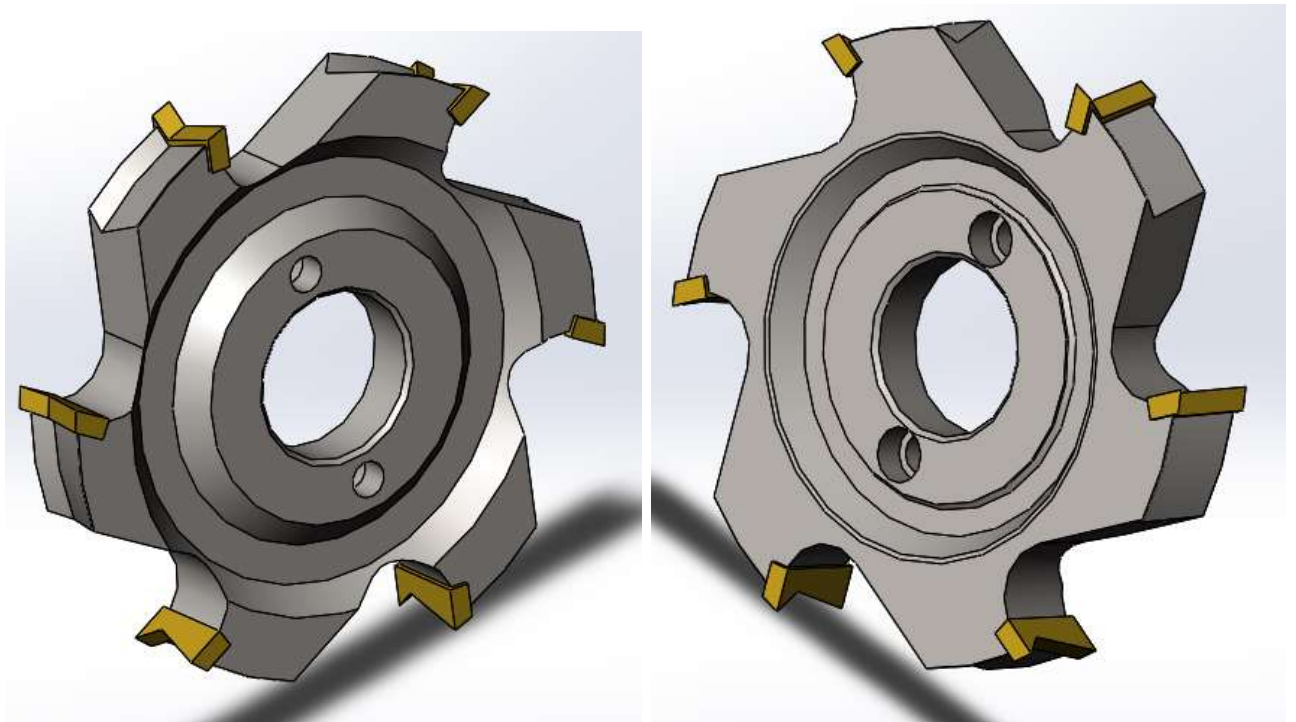


Рис. 3.1. 3-D модель деталі «Фреза»

Під час розробки технологічного процесу, початковим документом є, безпосередньо, креслення деталі. Технолог повинен проконтролювати робоче креслення деталі, у відповідності до ГОСТ 14.206-73. Креслення повинні мати всі відомості, необхідні для деталі, щоб виготовлення було якісне, які дають повне уявлення про її конструкцію, а також усі проєкції, розрізи, перерізи, які пояснюють конфігурацію деталі (рис.3.2)

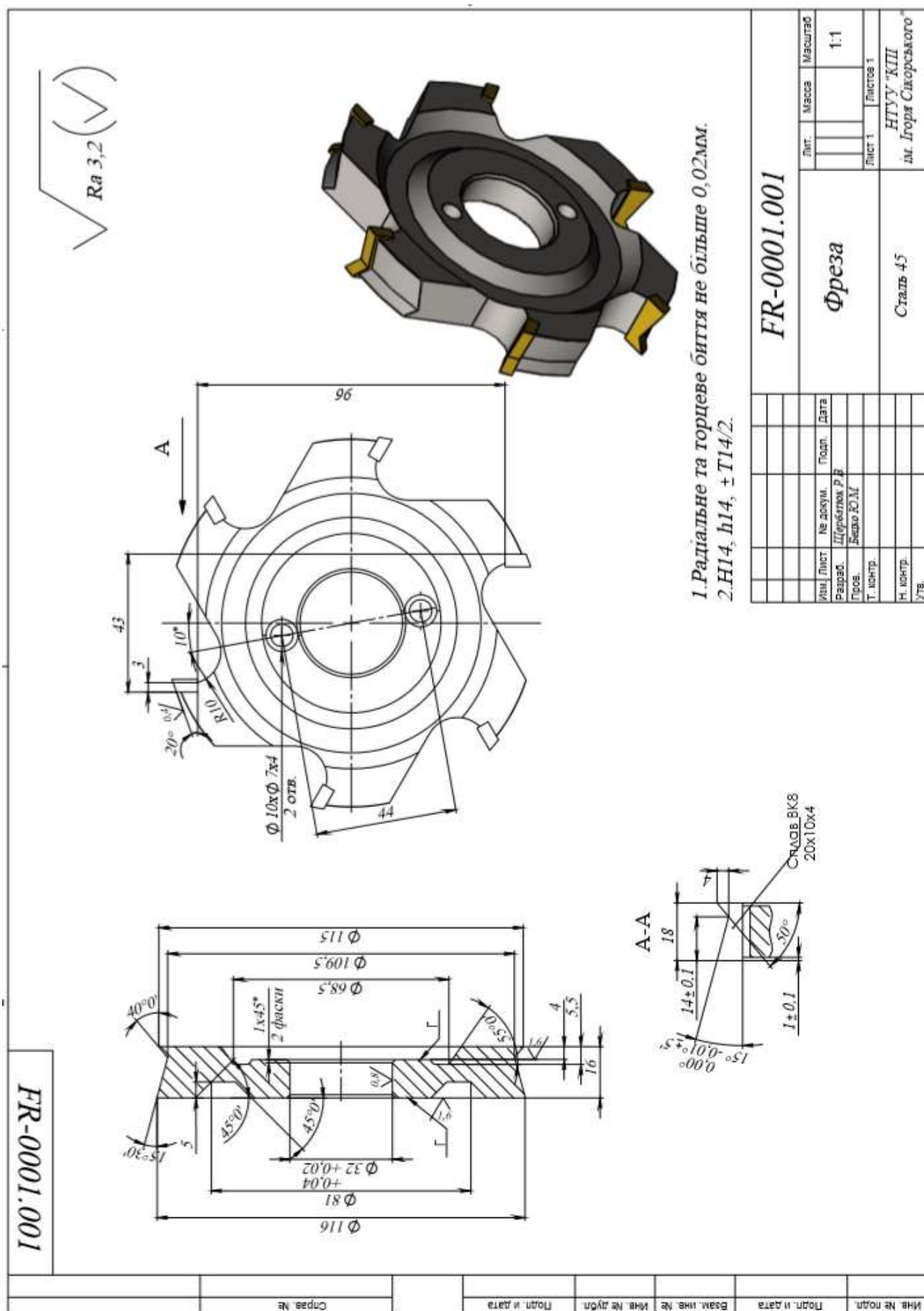


Рис. 3.2. Кресленик деталі «Фреза»

На робочому кресленні показують лінійні і кутові розміри з допустимими відхиленнями за ГОСТ 25346-82, ГОСТ 25347-82, «вільні розміри за ГОСТ 25670-73 з указаним у технічних вимогах квалітету їх виконання» (звичайно в загальному і хімічному машинобудуванні вільні охоплювані розміри виконують за h14, охоплюючи - за H14, інші – за +/-IT14/2), шорсткість оброблених поверхонь, позначено у відповідності до ГОСТ2789-73, ГОСТ 2.309-73, а також відхилення форми і розміщення поверхонь, позначені у відповідності до ГОСТ 24643-81 та ГОСТ 2.308-79.

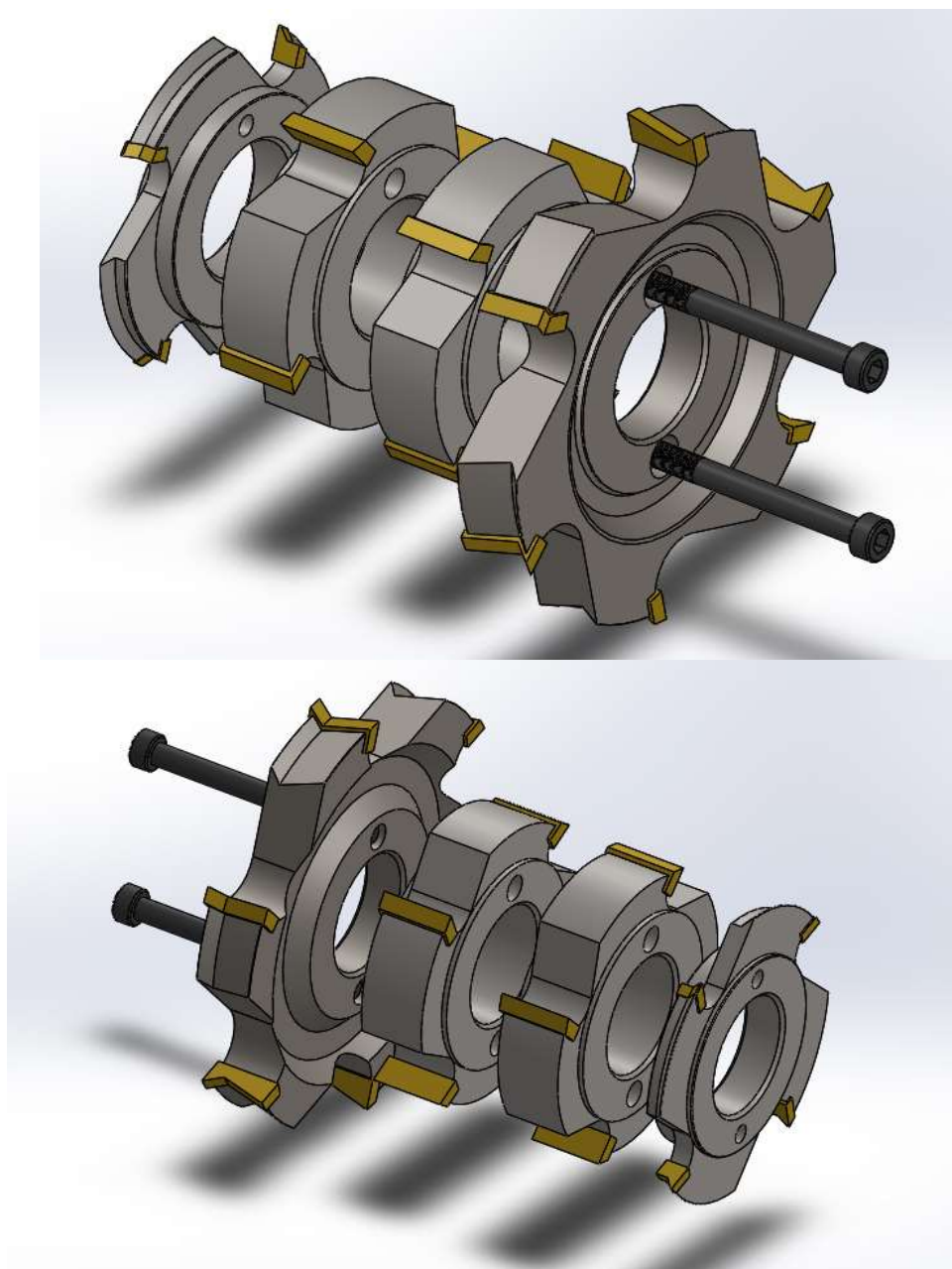


Рис. 3.3. Деталь «Фреза» в зборці

3.1.2 Аналіз службового призначення деталі і умов її роботи у вузлі

Всі необхідні дані дають можливість зробити висновок та виконати послідовність оброблення заготовки. Виходячи з цього технолог повинен представити технологічний процес виготовлення деталі у вигляді маршрутних та технологічних карт.

Фреза входить в конструкцію комбінованої фрези спеціального призначення. При виконанні роботи за призначенням установлюється на валу Ø32h7. Фреза - це деталь тіло обертання. Конструкція деталі має сукупність циліндричних поверхонь, в більшості діаметрів переходи яких відбуваються за допомогою кута 45°. На торці деталь має два отвори Ø10xØ7x4 під гвинт М6 для орієнтації з іншими необхідними елементами. Корпус фрези має 6 симетричних зуба по круговому масиву та посадочні місця під пластини. В центрі є отвір $\text{Ø}32^{+0,04}_{+0,02}$ в який встановлюється вал та слугує базою на етапі складання та балансування зборки.

3.1.3 Аналіз вибору конструкційного матеріалу

Заготовку рекомендується виготовляти з матеріалу Сталь 45 ГОСТ 1050-2013, який найчастіше використовується при виготовленні подібних деталей. Дана сталь забезпечує всі необхідні під час експлуатації характеристики та довготривалу роботу в заданих параметрах.

Фізико-механічні та хімічні властивості обраного матеріалу приведені нижче.

Таблиця 3.1 – Хімічний склад сталі 45

Хімічний елемент	%
Кремній (Si)	0.17-0.37
Марганець (Mn)	0.50-0.80
Мідь (Cu), не більше	0.25
Миш'як (As), не більше	0.08
Нікель (Ni), не більше	0.25
Сірка (S), не більше	0.04
Вуглець (C)	0.42-0.50

Фосфор (Р), не більше	0.035
-----------------------	-------

Таблиця 3.2 – Механічні властивості сталі 45

Розмір перетину заготовки (d кола), мм	Границя текучості, σ_T , МПа	Тимчасовий опір, σ_B , МПа	Відносне подовження, $\delta\%$	Відносне звуження, $\psi\%$	НВ
100-300	245	470	19	42	143-179

Таблиця 1.3 – Технологічні властивості сталі 45

Температура кування	Початок 1250, кінець 700. Перерізи до 400 мм охолоджуються на відкритому повітрі.
Зварюваність	Важко зварювальна. Способи зварювання: РДЗ і КТЗ. Необхідний підігрів і наступна термообробка.
Оброблюваність різанням	В гарячекатаному стані при НВ 170-179 і $\sigma_B = 640$ МПа $K_{ц\text{ тв.спл.}} = 1$, $K_{ц\text{ б.ст.}} = 1$.
Схильність до відпускної здатності	Не схильна
Флокеночутливість	Малочутлива

Висновок: Матеріал деталі Сталь 45 забезпечує її роботоздатність в умовах впливу середовища.

3.2 Визначення типу виробництва та аналіз його впливу на завдання технологічно підготовки виробництва

Тип виробництва - це категорія виробництва, яку класифікують за ознаками широти номенклатури, регулярності та обсягу випуску виробів. Відповідно до стандартів ГОСТ 3.1108-74 Єдиної Системи Технологічної Документації (ЄСТД) та ГОСТ 14.004-74 Єдиної Системи Технологічної Підготовки Виробництва (ЄСТПВ).

Коефіцієнт закріплення операцій (K_{30}) - це один з основних характеристик типу виробництва, його розраховують відношенням кількості всіх операцій, які

виконуються або які повинні були виконуватись впродовж деякого періоду до загального числа кількості робочих місць (ДСТУ 2974-95).

Операція - це закінчена частина технологічного процесу, яку виконують на одному робочому місці, над однією деталлю, одним або кількома інструментами, одним або групою робітників (ДСТУ 2391-94).

Робоче місце - це елементарна одиниця виробничої структури, що містить частину простору виробничого підрозділу, яка потрібна для здійснення трудової операції та оснащена матеріально-технічними засобами, використовуваними в процесі праці (ДСТУ 2960-94).

Коефіцієнт закріплення операції розраховується за формулою:

$$K_{з.о} = \frac{\sum_{i=1}^n ОП_i}{\sum_{j=1}^n РМ_j} \quad (3.1)$$

де $K_{з.о}$ – коефіцієнт закріплення операції, розрахований на місяць;

$ОП$ – загальна кількість операцій, які виконуються на дільниці на протязі місяця;

$РМ$ – кількість робочих місць на дільниці, що виконують різні технологічні операції.

Для того щоб визначити коефіцієнт закріплення операцій, який розраховується за формулою (3.1), можемо побачити, що це можна зробити тільки для наявної дільниці цеху певної структури.

Можемо використати аналогові методи визначення типу виробництва для попереднього проектування. Необхідно розрахувати масу деталі та обсяг її випуску взятий за рік. Масу деталі (рис. 3.4) знаходимо за допомогою програмного продукту SolidWorks 2018, попередньо побудувавши тривимірну модель деталі «Фреза» (рис. 3.1) та призначити відповідний матеріал до, в нашому випадку, Сталь 45.

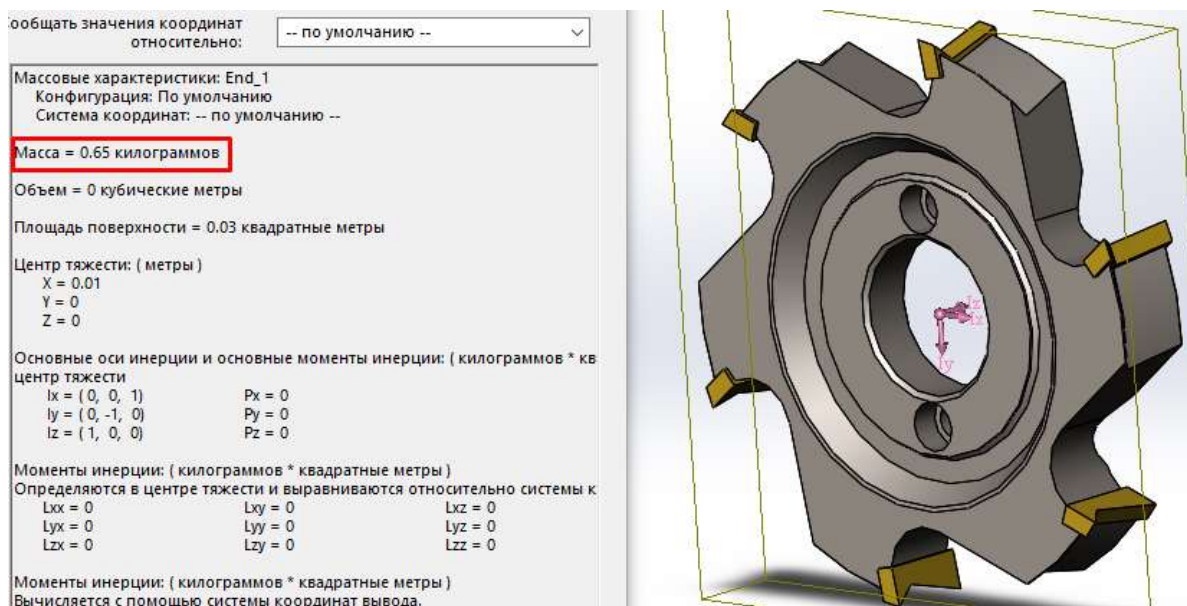


Рис. 3.4. Маса деталі «Фреза»

Виходячи з проведених розрахунків було визначено, що маса деталі складає $m=0,65$ кг, а обсяг випуску $N_p=5000$ штук на рік.

Відповідно до вихідних даних тип виробництва визначаємо за даними табл.3.4.

Таблиця 3.4 – Аналогові дані для визначення типу виробництва

Тип виробництва	Річний обсяг випуску деталей одного найменування, шт		
	легкі, масою до 20кг	середні, масою (20...30)кг	важкі, масою більше 30кг
Одиничний	до 100	до 10	1...5
Малосерійний	101...500	11...200	6...100
Середньо серійний	501...5000	201...1000	101...300
Велике серійний	5001...50000	1001...5000	301...1000
Масовий	більше 50000	більше 5000	більше 1000

Деталь, маса якої $m=0,65$ кг при річному обсязі $N_p=5000$ штук на рік, тип виробництва відповідно середньо серійне.

Серійне виробництво – це тип виробництва, який характеризується одночасним виготовленням на підприємстві обмеженої номенклатури однорідної продукції,

випуск якої періодично повторюється протягом тривалого періоду (ДСТУ 2960-94).

Для цього типу виробництва характерні такі ознаки:

- верстати та всі обладнання на ділянках розташовані відповідно до порядку виконання технологічних операцій;
- пристрої – універсальні, універсально-складальні, переналагоджувані;
- технологічний процес розподіляти на операції, що закріплені за окремими верстатами;
- ефективно буде застосування групової обробки;
- робітники – середньої кваліфікації;
- Різальний інструмент – від універсального (свердла, різці) до спеціального (свердло-зенкер та ін.), вимірювальний інструмент як універсальний (шкальний), так і граничні калібри, і контрольно-вимірювальні пристрої.

Раніше було встановлене, що коефіцієнт закріплення операцій для середньо серійного типу виробництва відповідає наступним діапазоном $10 < K_{zo} \leq 20$. Щоб продовжити далі вирішувати завдання для технологічного підготовки виробництва, вибираємо величину коефіцієнта закріплення операцій $K_{zo} \equiv 11$.

Тип виробництва для традиційного машинобудівного виробництва визначає вид верстатного обладнання, інструментального забезпечення, систему верстатних пристроїв та певну систему проектування технологічних процесів. Якщо врахувати, що на сьогоднішній день в сучасному машинобудівному виробництві все більше використовують верстатні системи числового програмного керування (ЧПК), то вплив типу виробництва на технологічне проектування значно зменшується, тому що такі верстати мають широкі технологічні можливості, високу гнучкість і забезпечуються спеціалізованими системами пристроїв та системами інструментального забезпечення, а відповідно

вимагають проектування операційного технологічного процесу (управляючих програм) незалежно від типу виробництва.

Висновок: технологічне підготування виробництва будемо виконувати для середньо серійного типу виробництва з коефіцієнтом закріплення операцій $K_{zo} = 11$.

3.3 Короткий аналіз технологічності конструкції деталі

Мета аналізу технологічності деталі – виявити можливість зменшення металомісткості деталі, трудомісткості її механічної обробки і використання високопродуктивних методів обробки. Щоб проаналізувати технологічність деталі використовують ГОСТ 14.201-83 та ГОСТ 14.205-83.

Технологічність - це властивість виробу, яка забезпечує найбільш просту реалізацію технологічного процесу.

Відпрацювання деталі на технологічність означає вибір по встановленим параметрах та показниках необхідного рівня технологічності конструкції, також це можна представити як комплекс заходів, які підвищують продуктивність праці, знижують витрати та скорочення часу на виготовлення деталі з дотриманням всіх необхідних умов креслення.

Оцінка технологічності може бути двох видів :

- якісна;
- кількісна.

Якісною оцінкою характеризують технологічність конструкції узагальнено базуючись на досвід, вона допускається на усіх етапах проектування як попередня.

Кількісна оцінка технологічності виробу виражається числовими показниками і раціональна у тому випадку коли ці показники значно впливають на

технологічність виробу. При аналізі на технологічність деталі було виявлене наступне:

- конструкція деталі дозволяє обробку всіх поверхонь;
- є можливість безперешкодної обробки майже всіх зовнішніх поверхонь на токарних та фрезерних операціях;
- є вільний доступ контрольного і ріжучого інструментів до поверхонь, що обробляються;
- деталь не має глухих отворів;
- у конструкції деталі присутні достатні по розмірах базові поверхні;

Елементи конструкції деталі, що обумовлюють отримання заготовок, вибрані вірно.

Нетехнологічними приймаються частини, які в заданих умовах виробництва чи на конкретно якомусь етапі не можуть бути реалізовані з використанням наявного обладнання та інструментального забезпечення. На сьогодні верстати з числовим програмним управлінням майже завжди знімають проблему технологічності конструкції виробу, оскільки їх технологічні можливості в сукупності з системою керування верстатом практично не мають обмежень на конструктивні особливості деталей машин.

Конструкція деталі має прості поверхні, необхідності у використанні різального інструменту складної геометрії немає, також забезпечується вільний доступ до всіх поверхонь як різального так і вимірювального інструменту, тому можна вважати що деталь «Фреза» є технологічною. Достатня жорсткість деталі допускає роботу з використанням високих режимів різання. Технологічний пристрій, що реалізує теоретичну схему базування по загальним технологічним базам забезпечує точне та надійне базування і закріплення в процесі оброблення.

Технологічні можливості верстатів з ЧПК та їх інструментальне забезпечення дозволяє обробляти практично всі конструктивні елементи деталей.

Висновок: технологічний процес виготовлення деталі «Фреза» будемо проектувати для умов багатомножинного виробництва з застосуванням верстатів з ЧПК.

3.4 Визначення виду та способу виготовлення заготовки

Етап вибору виду та способу виготовлення заготовки є важливим етапом підготовки під час проектування технологічного процесу виготовлення деталей. Даний етап вирішує низку питань, величину припусків для оброблення поверхонь, особливості видалення поверхневих шарів матеріалу на етапі чорнового оброблення, величину залишкових напружень, які будуть вимагати включення в технологічний процес операцій термічного оброблення для їх зменшення та вирівнювання в поперечних перерізах робочих поверхонь.

На сьогоднішній день в машинобудівному виробництві освоєні технологічні процеси виготовлення заготовок наступними видами:

- литтям;
- пластичним деформуванням;
- відділенням (відрізанням або вирізанням) від стандартного сортового прокату (прутків, плит, листів, складних профілів);
- методами порошкової металургії;
- комбінованими методами, коли окремі частини заготовки виготовляються литтям, або пластичним деформуванням, а їх з'єднання виконується зварюванням.

Щоб визначити вид виготовлення заготовки необхідно, насамперед, взяти до уваги фізико-механічні характеристики конструкційного матеріалу, конструктивні особливості деталі та її умови роботи у вузлі. При виготовленні заготовок деталей найчастіше використовують дві великі групи матеріалів, такі як: конструкційні сталі та чавуни. Виходячи з їх фізико-механічних характеристик для виготовлення заготовок з конструкційних сталей використовують технологічні процеси пластичного деформування, а для заготовок з чавунів технологічні процеси лиття.

Оскільки матеріал для виготовлення деталі визначає конструктор при проектуванні робочого креслення, то визначення виду виготовлення заготовок не складає великих труднощів, а саме: переважно пластичним деформуванням для сталей, окремих марок алюмінієвих та магнієвих сплавів, титанових сплавів і литтям для чавунів, сталей для лиття, окремих марок алюмінієвих та магнієвих сплавів.

Якщо є стабільне спеціалізоване виробництво, яке орієнтоване на тривалий випуск певних виробів, необхідно проектувати конструкцію заготовки з достатньою точністю та урахувати службове призначення виробу, технологічного процесу механічного оброблення, вимог до характеристик якості робочих поверхонь та виробу в загальному. Необхідно також прийняти до уваги, що виготовлення заготовок зі стабільними характеристиками якості забезпечує надійну реалізацію технологічного процесу оброблення та зменшення витрат інструментальних матеріалів, оскільки режими різання для таких умов є оптимальними.

Проектування конструкції заготовки передбачає послідовне вирішення наступних завдань:

- проектування розміщення лінії рознімання опоки, штампу або прес-форми;
- визначення поверхонь заготовки, які планується використовувати для базування на перших операціях технологічного процесу оброблення;
- проектування необхідних етапів та послідовності оброблення поверхонь заготовки для досягнення заданих характеристик якості робочих поверхонь (чорнове, напівчистове, чистове та завершальне);
- визначення припусків для запланованих етапів оброблення кожної обробної поверхні;
- урахування технологічних особливостей реалізації процесу виготовлення заготовки, пластичне деформування в закритих або відкритих штампах, необхідні радіуси заокруглення поверхонь, необхідні кути для

зовнішніх та внутрішніх поверхонь, економічна точність розмірів даного способу виготовлення та параметри шорсткості поверхонь заготовки.

За креслеником можемо бачити те, що перепад діаметрів на даному диску є невеликим, то в якості заготовки приймаємо круглий прокат за **ГОСТ 2590-88**. Ескіз заготовки наведено на рис. 3.5.

Заготовка отримується шляхом відрізання від сортового прокату на стрічковій пилі витримуючи розмір, що наведений на ескізі заготовки.

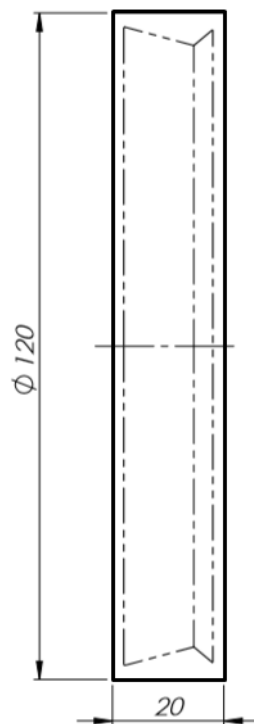


Рис. 3.5. Ескіз заготовки деталі «Фреза»

3.5 Обґрунтування вибору баз для технологічного процесу виготовлення деталі

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП).

3.5.1 Обґрунтування вибору загальних технологічних баз

Наступний етап є вибір ЗТБ, вихідними даними є вузол в який входить деталь та безпосередньо кресленик деталі.

Щоб обґрунтувати вибір спершу виконується класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням. Існує чотири види поверхонь деталі за яких можна представити її конструкцію.

- основні конструкторські бази (ОКБ);
- допоміжні конструкторські бази (ДКБ);
- кріпильні поверхні (КП);
- вільні поверхні (ВП).

Класифікація поверхонь деталі за службовим призначенням наведена на рис. 1.6.

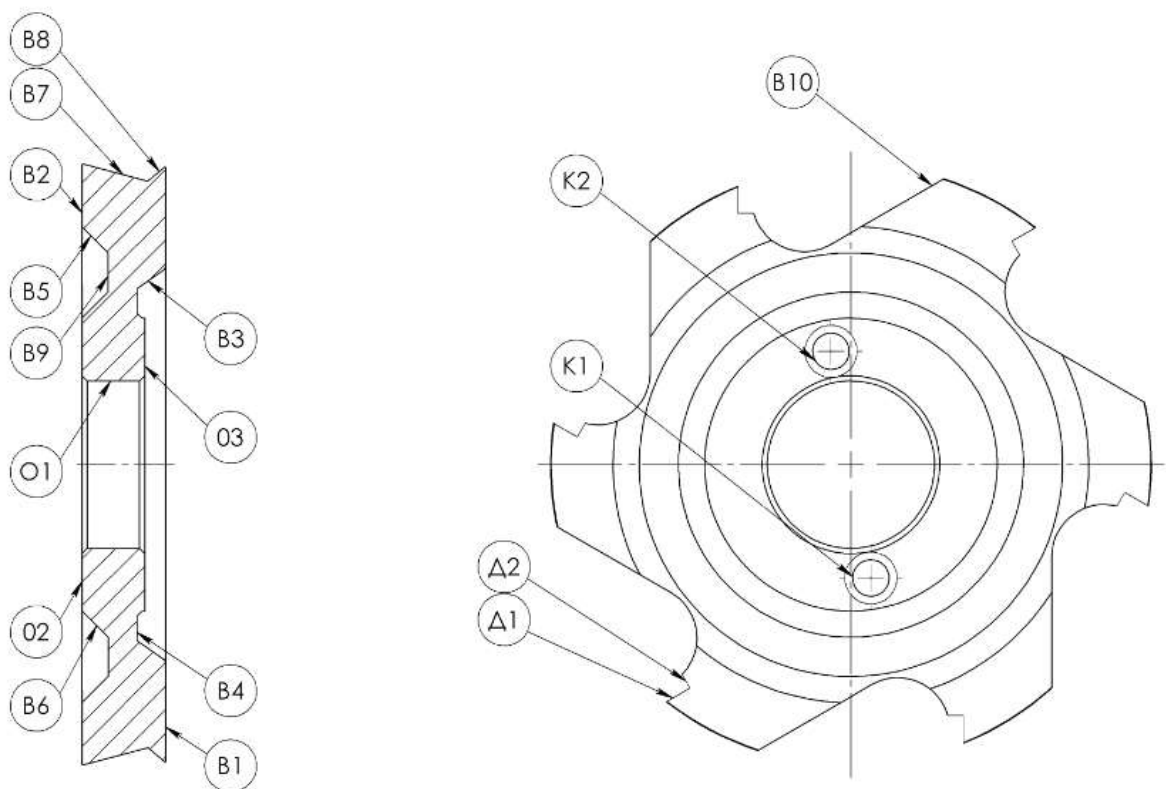


Рис. 3.6. Класифікація поверхонь деталі «Фреза» за службовим призначенням

ОКБ (основні конструкторські бази) в даній деталі «Фреза» слугує отвір О1 $\varnothing 32^{+0,04}_{+0,02}$ та дві прилеглі торцеві поверхні О2 та О3(рис.3.6).

ДКБ (допоміжні конструкторські бази) поверхні, які слугують орієнтацією положення інших деталей до неї Д1 та Д2, шість посадочних місць під пластини.

КП (кріпильні поверхні) відповідають за фіксацію деталі в зборці. Деталь має дві таких поверхні К1 та К2 Ø10хØ7х4.

ВП (вільні поверхні) є всі інші поверхні які не несуть суттєвих виконань, це поверхні В1-В10.

В процесі проектування технолонічних процесів необхідно скомбінувати основні конструкторські бази (ОКБ) з загальними технологічними базами (ЗТБ).

Тому спершу під час обґрунтування перевіряється така можливість.

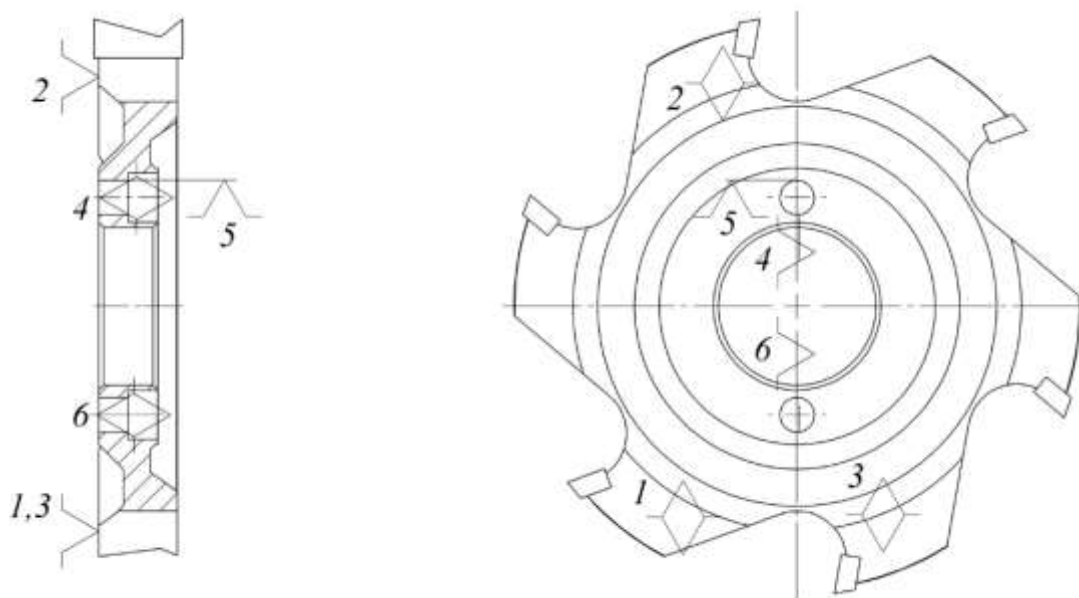


Рис. 3.7. Теоретична схема базування деталі «Фреза» по загальним технологічним базам

Структурна формула представлених схем базування по загальним технологічним базам має вигляд:

$$СБ_{ЗТБ} \Rightarrow У(3) + ПО(2) + О(1) \quad (3.2)$$

Конструктивна реалізація такої схеми базування передбачає використання відповідних установочних елементів для реалізації площини $У(3)$, подвійна

опорна база *ПО(2)* реалізується циліндричним коротким пальцем та опорна база *О(1)* реалізується ромбічним (зрізаним) пальцем.

Алгоритм обґрунтування вибору технологічних баз передбачає послідовне виконання таких етапів:

- обґрунтування вибору загальних технологічних баз (ЗТБ);
- обґрунтування вибору технологічних баз (ТБ) для перших операцій технологічного процесу (ТП);

3.5.2 Обґрунтування вибору технологічних баз для перших технологічних операцій.

Наступним етапом вибору технологічних баз необхідність визначити схему базування для перших технологічних операцій. Загальна вимога до всіх можливих схем базування є забезпечення оброблення комплексу поверхонь загальних технологічних баз.

Обґрунтування технологічних баз для перших операцій є важливою складовою проектування технологічного процесу оброблення заданої деталі і забезпечує виконання ряду важливих технологічних завдань, а саме оброблення поверхонь загальних технологічних баз за першу технологічну операцію та чорнового оброблення поверхонь заготовки, які відкриті для оброблення, зменшення загальної кількості установок заготовки для виконання всього технологічного процесу.

При виборі поверхонь, які входять в комплект технологічних баз у відповідності за їх призначенням та ступенями вільності, яких вони полишають, доцільно враховувати наступні геометричні співвідношення:

- площа установочної бази повинна забезпечувати максимальну площу силового трикутника;
- напрямна база повинна забезпечувати найбільшу відстань розміщення опорних елементів, тобто мати максимальну довжину.

Під час вибору базових поверхонь для перших технологічних операцій необхідно забезпечити відкритий доступ для оброблення всіх поверхонь загальних технологічних баз та вибрати такі верстати, які здатні здійснити оброблення загальних технологічних баз послідовно, щоб задовольнити всі необхідні характеристики якості поверхонь. За інших умов необхідно приймати до уваги, що повний комплект загальних технологічних баз необхідно обробити за найближчі перші технологічні операції.

При проектуванні перших технологічних операцій оброблення необхідно приймати до уваги важливе зауваження, а саме: **повторна установка заготовки при реалізації операцій технологічного процесу на комплект всіх необроблених поверхонь не допускається.**

Якщо за першу технологічну операцію повний комплект загальних технологічних баз не оброблено, то в комплект технологічних баз для наступних технологічних операцій обов'язково повинні входити попередньо оброблені головні базові поверхні, до яких відносять установочну базу У(3) або напрямну базу ПН(2).

Вихідним документом для вибору технологічних баз для перших операцій є кресленик заготовки. З урахуванням узагальнених завдань проектування технологічних процесів, практичного досвіду виробництва та за результатами наукових досліджень процесів оброблення різанням розроблено такий алгоритм вибору технологічних баз для перших операцій технологічного процесу:

- в якості технологічних баз необхідно приймати необробні поверхні заготовки. Такий вибір базових поверхонь буде забезпечувати після оброблення правильне просторове розташування необробних поверхонь заготовки відносно обробних;
- якщо всі поверхні заготовки за креслеником деталі є обробними, то в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні, які мають найменший припуск.

Такий вибір базових поверхонь буде забезпечувати усунення можливості виникнення браку при подальшому обробленні таких поверхонь;

- якщо відсутні поверхні з мінімальним припуском, а його величина є достатньо рівномірною, то в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, на яких виникнення браку не допускається;
- в якості технологічних баз необхідно приймати поверхні заготовки, для яких необхідно забезпечити рівномірний припуск для наступних етапів оброблення;
- якщо є декілька можливих конкурентних схем базування по технологічним базам, то в якості технологічних баз, необхідно приймати варіант базування в якому обробна поверхня зв'язана з базовою поверхнею найкоротшими розмірними ланцюгами.

Розглянемо реалізацію наведеного алгоритму для деталі «Фреза».

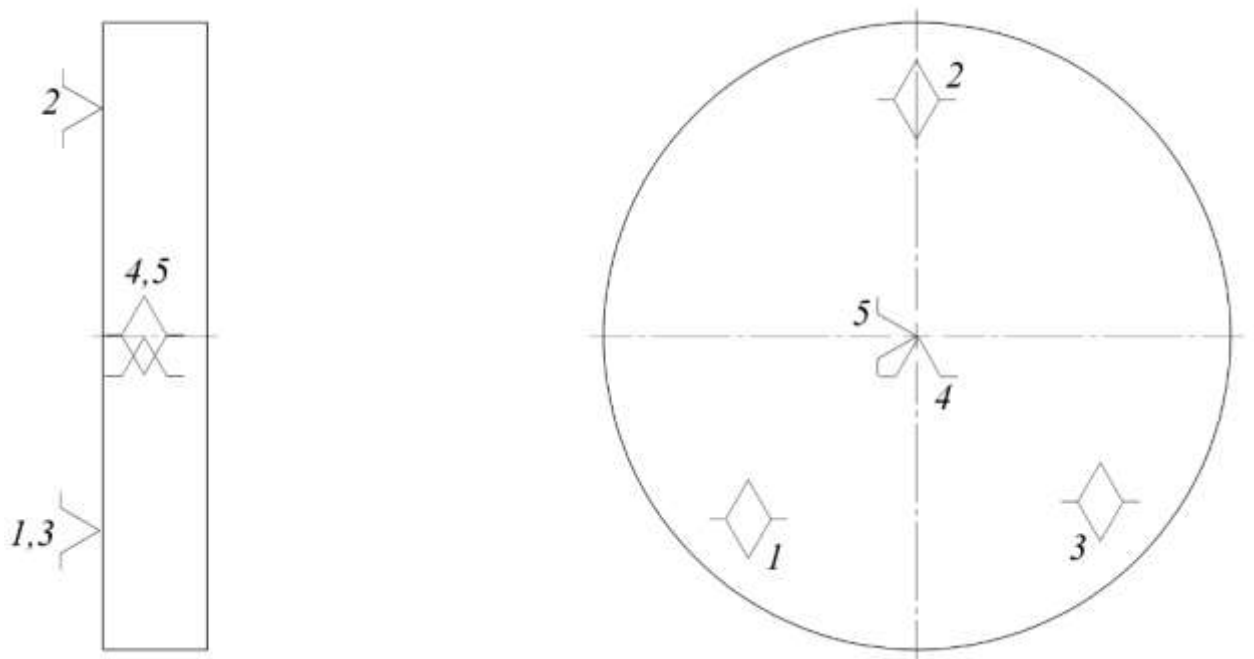


Рис. 3.8. Теоретична схема базування по технологічним базам

$$СБ_{ТБ} \rightarrow У(3) + ПН(2) \quad (3.3)$$

Ця схема є традиційною і часто використовуваною. Заготовки, класів типу диски, кільці під час оброблення зазвичай обробляються у самоцентруючих

патронах. Базами при такій схемі слугує установча база У(3) та безпосередньо зовнішній діаметр заготовки, прикладання сили відбувається за допомогою поверхні кулачків. Конструктивна реалізація представлена на рис. 3.8.

Остаточний вибір теоретичної схеми базування по технологічним базам буде визначатись вибраним верстатним обладнанням.

3.6 Проектування послідовності оброблення поверхонь заготовки

Всі поверхні заготовки, які будуть обробляться повинні мати типові послідовності оброблення, вони представлені в табл.3.5 враховуючи, що оброблення заготовки буде виконуватись на верстатах токарної та фрезерної групи з ЧПК. Отже, типові послідовності оброблення поверхонь орієнтовані на застосуванні технологічних переходів свердління, обточування та фрезерування.

Таблиця 3.5 – Технологічна послідовність оброблення поверхонь заготовки

№	Характеристики якості поверхонь за креслеником		Технологічна послідовність оброблення	Характеристики якості поверхні після оброблення	
	Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R_a , мкм		Точність розмірів IT	Параметр шорсткості R_a , мкм
O1	6	0,8	свердлити остаточно точити попередньо точити попередньо	12 10 8	2,5 1,25 0,8
O2, O3	8	1,6	точити попередньо точити остаточно	10 8	2,5 1,6
Д1, Д2	9	2,5	фрезерувати остаточно	9	2,5
B1-B10	12	6,3	точити остаточно	12	6,3
K1,K2	9	2,5	свердлити остаточно фрезерувати остаточно	10 9	2,5 2,5

Щоб спроектувати технологічний процес необхідно правильно визначити послідовність оброблення поверхонь. Вихідним документом на даному етапі є безпосередньо робочий кресленик деталі та класифікація поверхонь за її службовим призначенням.

Базою для подальшого проектування технологічних операції оброблення є визначення послідовності оброблення поверхонь деталі. Також кожна технологічна операція обумовлюється можливостями верстату. Тому етап визначення послідовності оброблення поверхонь для заданої деталі є найбільш важливим для подальшого технологічного проектування.

Проектування послідовності оброблення поверхонь деталі в технологічному процесі (ТП):

1. На першому етапі необхідно обробити поверхні заготовки, які будуть слугувати базами на наступних етапах оброблення.
2. З кожним наступним технологічним переходом або кожна наступна операція повинна підвищувати характеристики якості поверхні яка оброблюється.
3. Також велику роль, при чорновому обробленні має відокремлення певного проміжку часу між операціями або цей час можна замінити операцією старіння.
4. Щоб своєчасно уникнути браку на відповідальних поверхнях, такі поверхні необхідно обробляти на перших етапах.
5. Під час чорнового оброблення першими вибираються такі поверхні, що мають найбільший припуск та поверхні, які є відповідальними. Така побудова ТП забезпечить максимальну тривалість процесу природного старіння від чорнового оброблення до завершення.
6. Оброблення поверхонь, на яких не допускається брак, оброблюються на останніх технологічних переходах, це забезпечить можливість компенсувати всі

похибки, які були раніше та виключає випадкове пошкодження поверхонь і забезпечує максимальну тривалість природного старіння.

7. Технологічні переходи і операції потрібно розміщувати таким чином, щоб довжина ходу інструмента з найменшою стійкістю була мінімальною.

8. Поверхні з точним взаємним просторовим положенням найкраще обробляти за одну установку.

9. Оброблення складних поверхонь, які вимагають наладок, необхідно виділяти в окремі операції, або технологічні переходи.

10. При завершенні обробки точних відповідальних поверхонь не передбачено зміни інструменту.

11. Кріпильні поверхні заготовок необхідно обробляти на 3-му етапі, перед завершальною обробкою.

12. Якщо обробляється велика кількість отворів за одну наладку, потрібно передбачити застосування інструменту з ближчими розмірами, що забезпечують найбільшу продуктивність. Цю умову можна не враховувати при застосуванні комбінації інструменту або одночасного застосування різних осьових інструментів (свердло, зенкер, розвертка).

13. При проектуванні оброблення на багатоцільових верстатах, технологічний проце буде доцільно розділити таким чином, що використання магазину інструменту було найефективнішим.

14. При середньо-серійному та велико-серійному виробництві, щоб організувати обслуговування робочих місць доцільно синхронізувати технологічні операції за часом їх виконання.

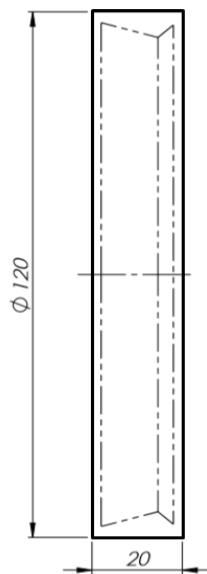
15. Коли в технологічному процесі наявна операція термічного оброблення, то його розділяють в два етапи – «до» та «після».

16. Фаски формуються перед завершальним обробленням.

17. На останньому етапі необхідно передбачити контрольну операцію, яку найкраще розмістити між окремими модулями перед виконанням особливо відповідальних операцій, а також в кінці технологічного процесу.

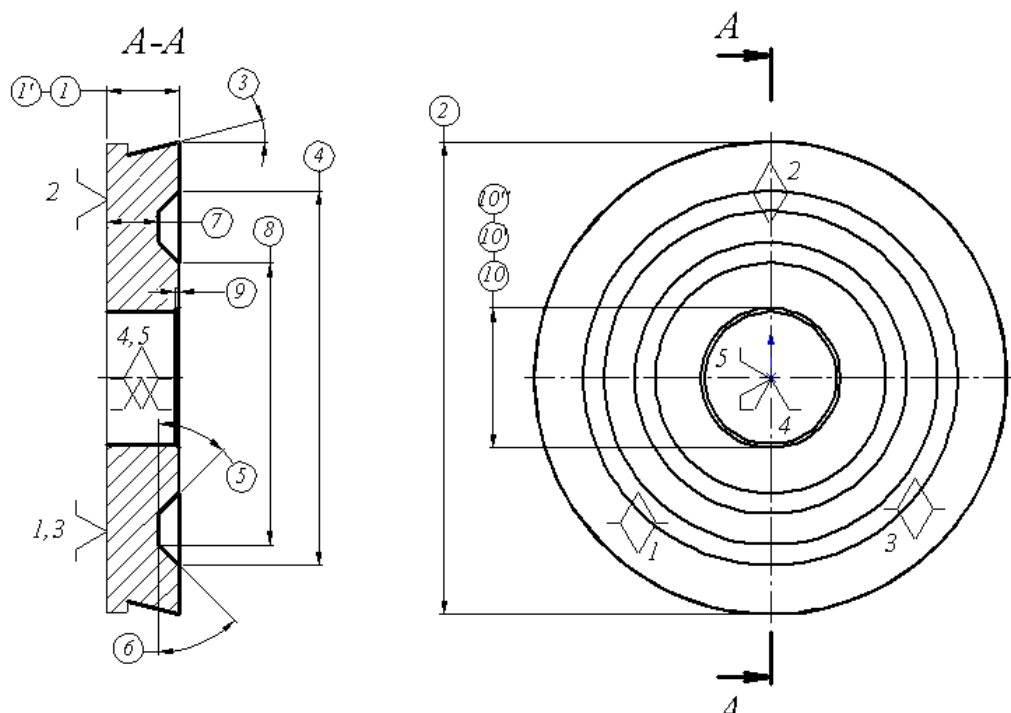
3.7 Проектування операційного технологічного процесу виготовлення деталі

005 Заготівельна. Пила стрічкова OPTI S 181 G



010 Токарно-свердлильна з ЧПУ. Токарний верстат з ЧПУ моделі ST15

А. Установити, закріпити, зняти



Позиція 1

010.01 Точити торцеву поверхню В2 попередньо, витримуючи розмір 1.

010.02 Точити торцеву поверхню В2 остаточно, витримуючи розмір 1'.

010.03 Точити конусну поверхню В7 начисто, витримуючи розмір 3.

010.04 Точити канавку В5, В6 прилеглу до торцевої поверхні, витримуючи розмір 4,7,8.

010.05 Точити конус В5 в канавці остаточно, витримуючи розмір 5.

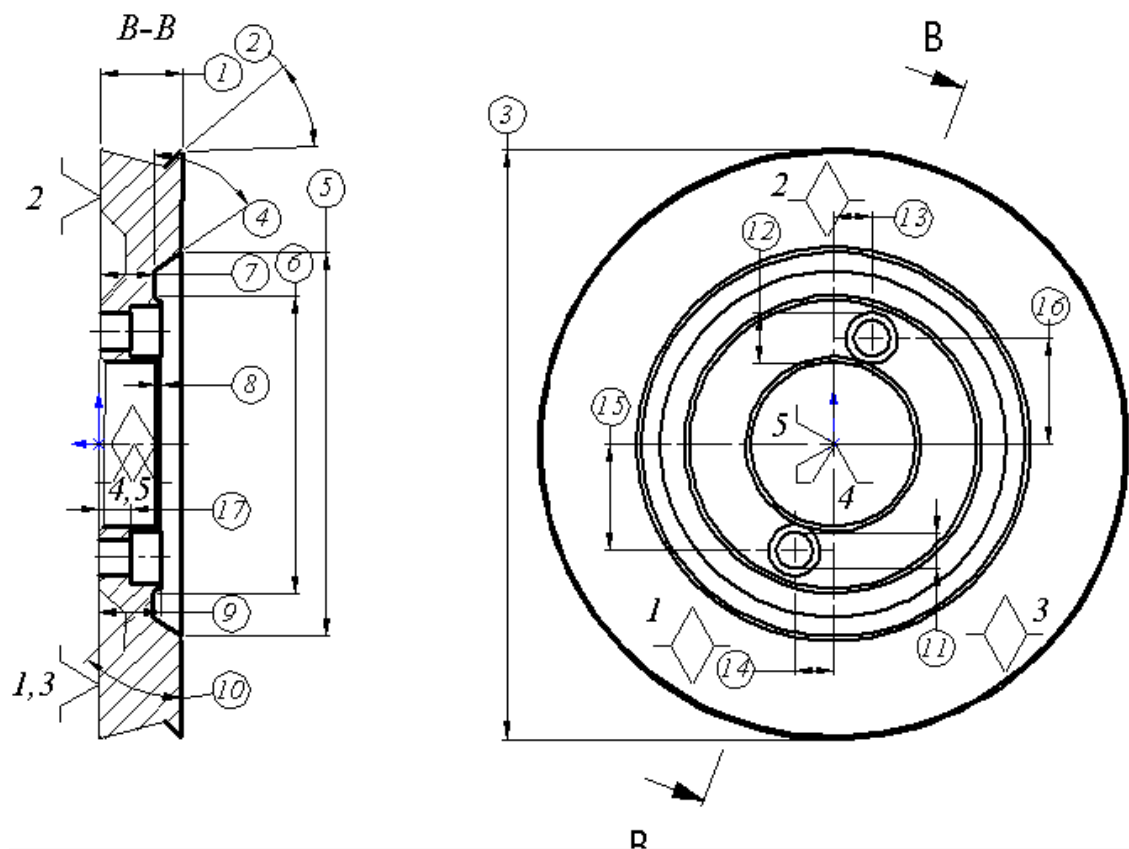
010.06 Точити конус В6 в канавці остаточно, витримуючи розмір 6.

010.07 Центрувати отвір О1 остаточно, витримуючи розмір 10.

010.08 Свердлити отвір О1 попередньо, витримуючи розмір 10'.

010.09 Точити фаску остаточно, витримуючи розмір 9.

Виконати перехват в протилежний шпиндель.



Позиція 2

010.10 Точити торцеву поверхню В1 остаточно, витримуючи розмір 1.

010.11 Точити конусну поверхню В8 начисто, витримуючи розмір 2.

010.12 Точити канавку В4 прилеглу до торцевої поверхні, витримуючи розмір 5,7.

010.13 Точити конус В3 в канавці остаточно, витримуючи розмір 4.

010.14 Точити торець О3 попередньо, витримуючи розмір 9.

010.15 Точити фаску остаточно, витримуючи розмір 8.

010.16 Центрувати отвори К1 та К2 остаточно, витримуючи розміри 13,16 та 14,15 відповідно.

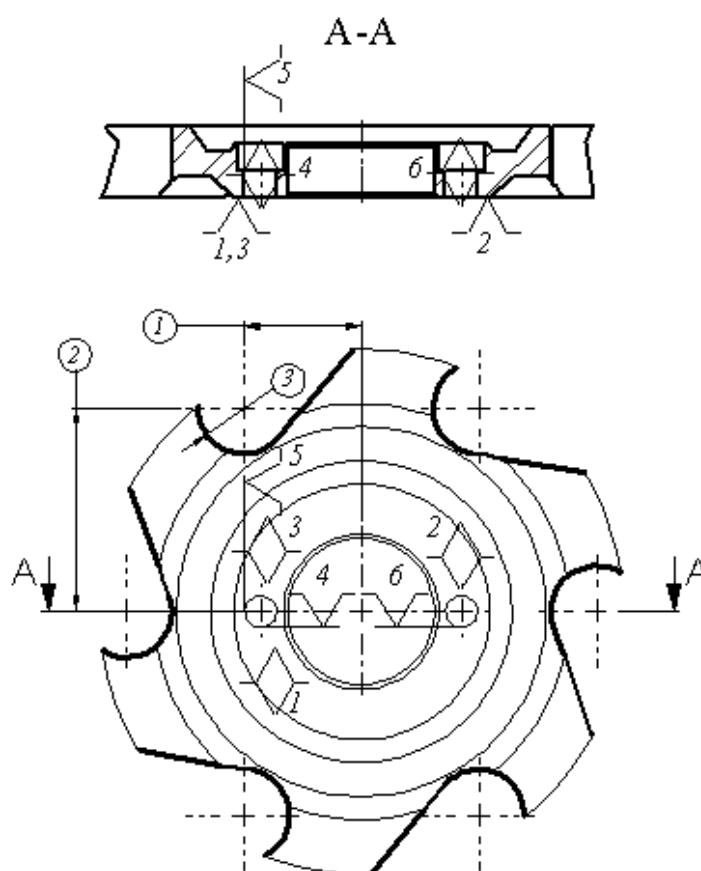
010.17 Свердлити отвори К1 та К2 остаточно, витримуючи розміри 11,13,16 та 11,14,15 відповідно.

010.18 Фрезерувати плунжерно отвори К1 та К2 остаточно, витримуюючи розміри 13,16 та 14,15 відповідно.

010.19 Зенкувати отвори К1 та К2 остаточно, витримуюючи розміри 13,16 та 14,15 відповідно.

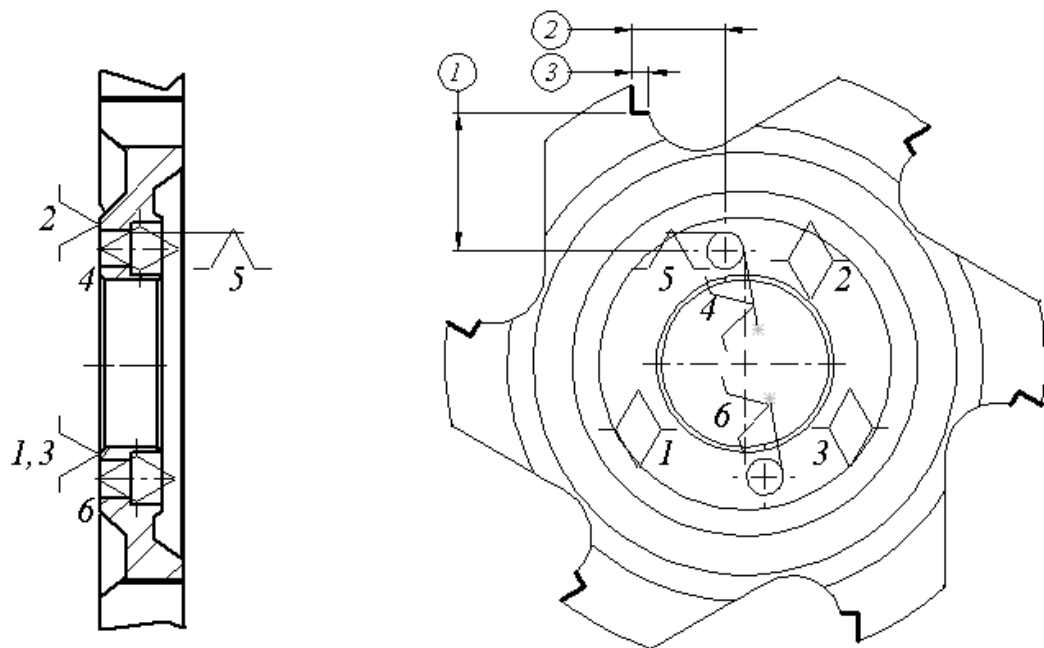
015 Фрезерна з ЧПУ. Вертикально-фрезерний станок 6Р11.

А. Установити, закріпити, зняти



015.01 Фрезерувати шість зубів кругового масиву остаточно, витримуюючи розміри 1,2,3.

020 Фрезерна. Горизонтально-фрезерний станок 6Р81



020.01 Фрезерувати шість посадочних місць $D1$ та $D2$ під пластини по круговому масиву остаточно, витримуючи розміри 1,2,3.

020.01 Зняти заусенці по всьому контуру.

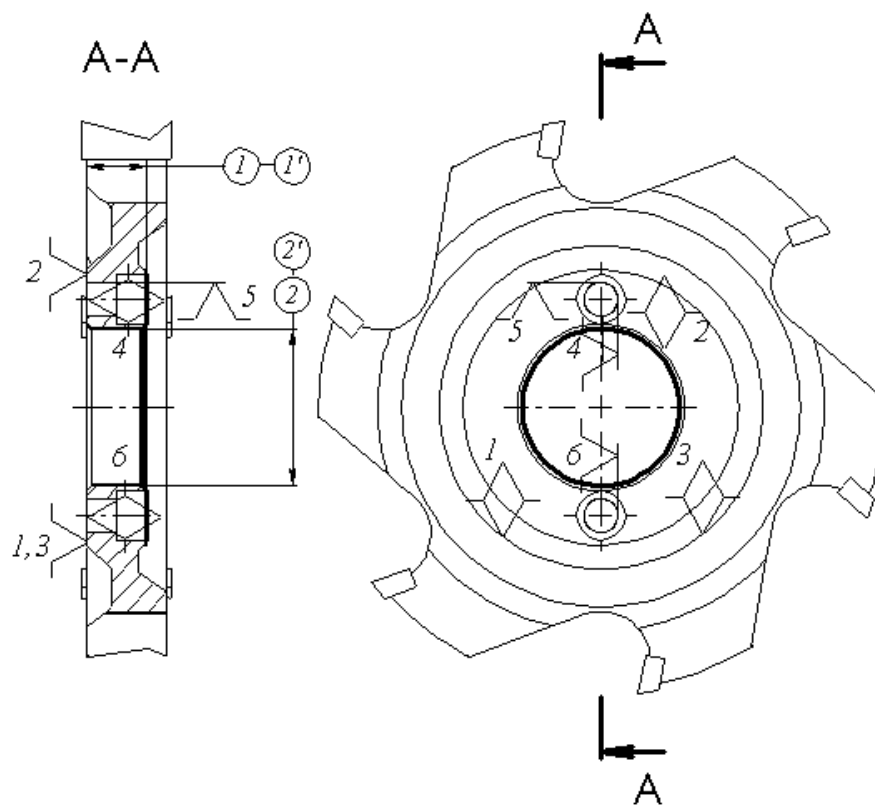
025 Паяльна.

025.01 Паяти пластини за допомогою СВЧ.

Напайка твердосплавних пластин ВК8 відбувається робітником методом безконтактного нагрівання - струм високої частоти. Робоча заготовка поміщається всередину індуктора. Індуктор генерує високочастотний змінний струм, в результаті цього виникають електромагнітні хвилі і на поверхні заготовки індукуються вторинні вихрові струми контрольованої величини. Вихрові струми, при високих частотах витісняються дією магнітного поля в поверхневі шари деталі, після чого їх щільність різко збільшується і деталь нагрівається.

030 Токарна з ЧПУ. Токарний станок ТВС100У

А. Установити, закріпити, зняти



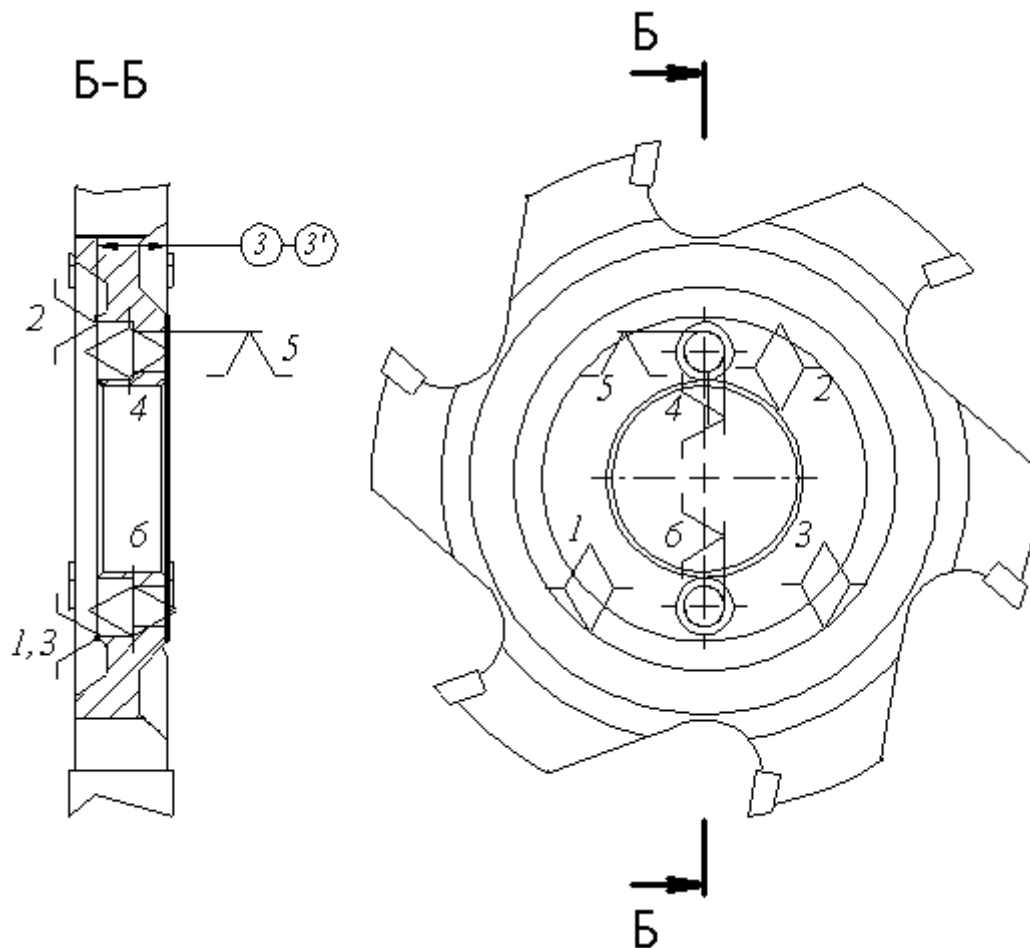
Позиція 1

030.01 Точити торцеву поверхню O2 попередньо, витримуючи розміри 1.

030.02 Точити торцеву поверхню O2 начисто, витримуючи розміри 1'.

030.03 Розточити отвір O1 попередньо, витримуючи розміри 2.

030.04 Розточити отвір O1 остаточно, витримуючи розміри 2'.



Позиція 2

030.05 Точити торцеву поверхню ОЗ попередньо, витримуючи розміри 3.

030.06 Точити торцеву поверхню ОЗ начисто, витримуючи розміри 3'.

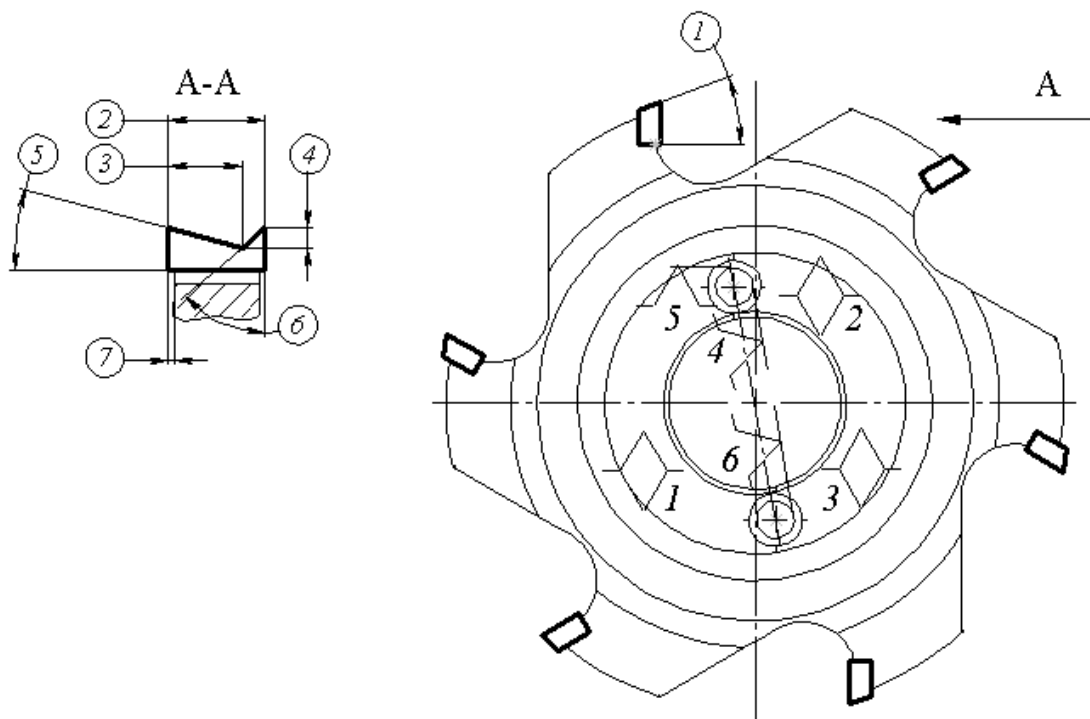
035 Малярна

035.01 Закрити відповідальні поверхні, які фарбування не потребують.

035.02 Підготувати деталь під фарбування.

035.03 Фарбувати деталь.

040 Заточна



040.01 Заточити пластинку, витримуючи розмір 1,2,3,4,5,6,7.

045 Складальна

045.01 Зібрати комбіновану фрезу двома кріпильними вінтами.

050 Балансувальна

050.01 Провести балансування на пристрої та при необхідності внести поправки.

3.9 Розробка верстатного пристрою

Схеми оброблення фрезеруванням, які розглядались та досліджувались в розділі II потребують, як і всі операції на різних технологічних переходах, потребують закріплення заготовки. Оскільки деталь «Фреза» має середньо-серійне виробництво, доцільно буде розробити верстатний пристрій на дану операцію.

Верстатний пристрій складатиметься з базової плити, яка має круглу шліфовану поверхню з двома напрямними. Оскільки дана операція не є першою в

технологічному процесі, раніше були оброблені два отвори K1,K2 та отвір в центрі. Заготовка базується по двох напрямних та прижимній втулці, яка встановлюється в центровий отвір заготовки та закручується вінтом. Дана конструкція (рис.3.9) дає повний доступ до поверхні, яка обробляється наведеними схемами.

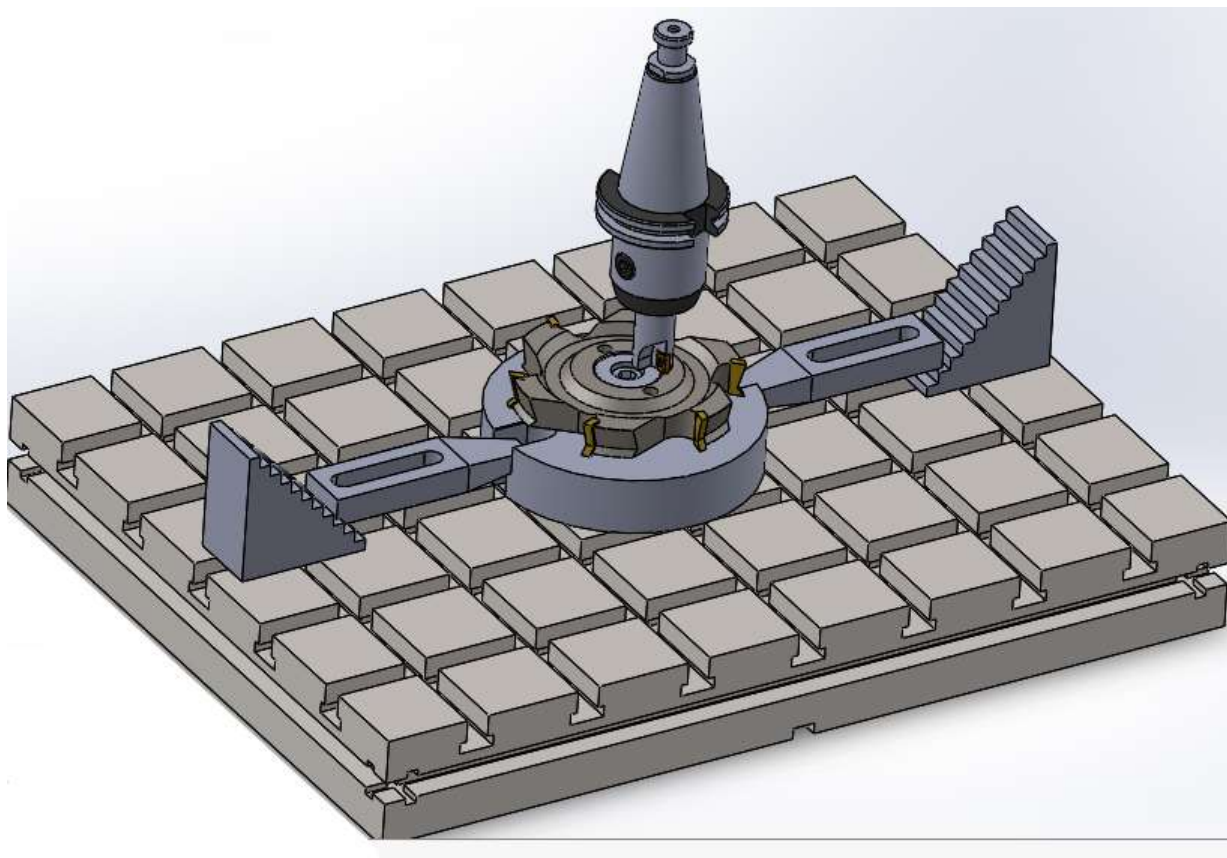


Рис. 3.9. Верстатний пристрій

Висновок: Розроблено технологічний процес який забезпечує якість торцевої поверхні. ТП впроваджений у виробництво.

РОЗДІЛ VI

Розроблення СТАРТАП-ПРОЕКТУ

Мета розділу полягає в проведенні маркетингового аналізу стартап – проекту для визначення принципових можливостей його ринкового впровадження та можливі напрямки реалізації цього впровадження. [16]

4.1 Опис ідеї проекту

Результати дослідження, які були отримані під час роботи практично реалізовані та застосовуються в виробництві. Стартап – проект полягає в модернізації металорізальних верстатів (МРВ), що морально застаріли. Різка підвищення технологічних можливостей, продуктивність, культура виробництва, зменшення кількості браку за рахунок виключення суб'єктивного чинника.

Таблиця 4.1 – Опис ідеї стартап – проекту

<i>Зміст ідеї</i>	<i>Напрямок застосування</i>	<i>Вигода для користувача</i>
Мінімізувати залежність технологічного процесу	Приватне підприємство	Зменшення браку
	Державне підприємство	Підвищення продуктивності
		Залишається технологія

Таблиця 4.2 – Аналіз техніко – економічних переваг ідеї

<i>Техніко-економічні переваги</i>	<i>Мій проект</i>	<i>Стандартний верстат з ЧПК</i>
<i>Точність верстату</i>	0,02 мм	0,005 мм
<i>Вартість</i>	5 000 \$	40 000 \$
<i>Кваліфікація оператора</i>	низька	висока
<i>Виготовлення</i>	дешево	дорого

4.2 Технологічний аудит ідеї проекту

Після проведення аудиту технології, за якою можна запровадити ідею проекту, можна визначити технологічність здійснення ідеї проекту (таблиця 4.3)

Таблиця 4.3 – Технологічна здійсненість ідеї проекту

<i>Ідея проекту</i>	<i>Наявність конструкції</i>	<i>Доступність конструкції</i>
Модернізація МРВ, що морально застаріли	Створення верстата з ЧПК на базі ручного	Всі необхідні пристрої цілком доступні на ринку
<i>Обрана технологія реалізації ідеї проекту:</i> передати за допомогою ркового двигуна управляючу програму на верстат		

Проаналізувавши всі необхідні параметри можна зробити висновок, що технічна реалізація ідеї проекту цілком можлива.

4.3 Аналіз ринкових можливостей запуску стартап-проекту

Визначивши ринкові можливості, які доцільно використати під час ринкової реалізації, та ринкові загрози, які можуть перешкодити впровадженню проекту, можна зробити план розвитку даної ідеї з врахуванням цього проекту на ринку, попит клієнта та пропозицію конкурентів. Верстати, які використовувались вже багато років, не цікаві на підприємстві, тому що вони не приносять прибутку. На сьогоднішній день залишається все менше висококваліфікованих робітників, які можуть працювати з таким обладнанням, тому цей проект може привабити багатьох підприємців. [16]

Визначення потенційних груп клієнтів, їх характеристики, та формування орієнтовного переліку вимог до товару для кожної групи (таблиця 4.4)

Таблиця 4.4 – Характеристика потенційних клієнтів стартап-проекту

<i>Потреба, яка формує ринок</i>	<i>Цільова аудиторія</i>	<i>Вимоги споживачів</i>
Оброблення металевих деталей	Автомобілебудування	Якість
	Авіабудування	Швидкість
	Суднобудування	Вартість

Проаналізувавши потенційних груп клієнтів було проведено аналіз ринкового середовища: складено таблиці факторів, які можуть сприяти ринковій реалізації ідеї, та факторів які можуть завадити (таблиці 4.5-4.6). В таблицях приведені фактори в порядку зменшення значимості.

Таблиця 4.5 – Фактори загроз

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст загрози</i>	<i>Можлива реакція підприємства</i>
1	Якість	Менша точність оброблення ніж сучасні верстати з ЧПК	Відмова

Таблиця 4.6 – Фактори можливостей

<i>№ n/n</i>	<i>Фактор</i>	<i>Зміст можливості</i>	<i>Можлива реакція підприємства</i>
1	Вартість	Нижча через витрати на конструкцію	Перехід на верстати з ЧПК
2	Швидкість	Суб'єкт	Перехід на верстати з ЧПК

Наступним етапом було проведено аналіз пропозиції: визначаються загальні риси конкуренції на ринку (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 – Ступеневий аналіз конкуренції на ринку

<i>Особливості конкурентного середовища</i>	<i>В чому проявляється дана характеристика</i>	<i>Вплив на діяльність підприємства (можливі дії компанії, щоб бути конкурентоспроможною)</i>
1. Вказати тип конкуренції - монополія/олігополія/ монополістична/чиста	чиста	Одиничні верстати
2. За рівнем конкурентної боротьби - локальний/ національний/...	локальна	Використовується локально
3. За галузевою ознакою - міжгалузева/ внутрішньогалузева	міжгалузева	Без акценту на унікальність
4. Конкуренція за видами товарів: - товарно-родова - товарно-видова - між бажаннями	товарно-родова	Конкуренція між видами продукції
5. За характером конкурентних переваг - цінова / нецінова	нецінова	Покращення якості оброблюваної поверхні
6. За інтенсивністю - марочна / немарочна	немарочна	Замаркерувати

В даного проекту майже немає конкурентів, тому за моделлю 5 сил М.Портера скласти немає необхідності. Постачальники конструкційних елементів верстату з

різних галузей, також є товари замітники. Необхідності аналізувати переліку факторів конкурентноспроможності немає.

Фінальним етапом ринкового механізму можливостей провадження проекту є складання SWOT – аналізу (матриці аналізу сильних (Strenght) та слабких (Weak) сторін, загроз (Troubles) та можливостей (Opportunities) на основі виділених ринкових загроз та можливостей, та сильних і слабких сторін (таблиці 4.8). [16]

Перелік ринкових загроз та ринкових можливостей складається на основі аналізу факторів загроз та факторів можливостей маркетингового середовища. Ринкові загрози та ринкові можливості є наслідками впливу факторів, та, на відміну від них, ще не є реалізованими на ринку мають певну ймовірність реалізації. [16]

Таблиця 4.8 – SWOT – аналіз стартап-проекту

<p><i>Сильні сторони:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Збереження технології; - Менша кваліфікація оператора. 	<p><i>Слабкі сторони:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Складніша реалізація; - Налаштування верстату.
<p><i>Можливості:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Збільшення продуктивності; - Отримання фінансування. 	<p><i>Загрози:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> - Ненадійність продукту.

4.4 Розроблення ринкової стратегії проекту

Для розробки ринкової стратегії перший етап це визначення стратегії охоплення ринку: опис цільових груп споживачів.

Цільова аудиторія даного проекту одна, оброблення металу абразивним інструментом, тому стратегія концентрованого маркетингу, зосереджена на одному сегменті. Щоб працювати далі, постає завдання сформулювати базову стратегію розвитку (таблиця 4.9).

Таблиця 4.9 – Визначення базової стратегії розвитку

<i>Обрана альтернатива розвитку проекту</i>	<i>Стратегія охоплення ринку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції відповідно до обраної альтернативи</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>
Розвиток ринку	Масовий маркетинг	Низькі витрати створюють бар'єр входу для нових конкурентів і одночасно хороший захист проти товарів- замінників. Можливість досягнення	Стратегія лідерства по витратах
Розвиток ідеї (товару)	Диференційований маркетинг	Відмітні властивості товару і завойована прихильність клієнтів захищають фірму і від товарів-замінників. Підвищена рентабельність збільшує стійкість до можливого зростання витрат в результаті дії сильного постачальника.	Стратегія диференціації
Більш глибоке проникнення на ринок	Концентрований маркетинг	Задоволення потреб вибраного цільового сегменту краще, ніж конкуренти.	Стратегія спеціалізації

Виходячи з таблиці 4.9 була обрана стратегія розвитку – стратегія спеціалізації. Наступний етап це вибір стратегії конкурентної поведінки (таблиця 4.10)

Таблиця 4.10. – Визначення базової стратегії конкурентної поведінки

<i>Чи є проект «періономпрохідцем» на ринку?</i>	<i>Чи буде компанія шукати нових споживачів, або забирати існуючих у конкурентів?</i>	<i>Чи буде компанія копіювати основні характеристики товару конкурента?</i>	<i>Стратегія конкурентної поведінки</i>
Так	Так	Ні	Стратегія лідера
Ні	Так	Ні	Стратегія виклику лідера
Ні	Ні	Так	Стратегія наслідування лідера
Так	Ні	Ні	Стратегія заняття конкурентної ніші

Виходячи з таблиці 3.10 була вибрана стратегія конкурентної поведінки – стратегія виклику лідера.

На основі вимог споживачав з обраних сегментів до постачальника (стартап-компанії) та до продукту, а також в залежності від обраної базової стратегії розвитку, розробляється стратегія позиціонування (таблиця 4.11). Ця стратегія полягає у формуванні ринкової позиції, за якою споживач має ідентифікувати торговельний проект. [16]

Таблиця 4.11 – Визначення стратегії позиціонування

<i>Вимоги до товару цільової аудиторії</i>	<i>Базова стратегія розвитку</i>	<i>Ключові конкурентоспроможні позиції власного стартап-проекту</i>	<i>Вибір асоціацій, які мають сформувати комплексну позицію власного проекту</i>
Підвищення якості, зменшення часу на операцію, зменшення вартості	Стратегія спеціалізації	Робота з числовим програмним керуванням	Унікальність

4.5 Розроблення маркетингової програми стартап-проекту

На першому етапі розробки постає завдання сформулювати маркетингову концепцію товару, який отримає споживач. Ключова перевага нашої ідеї – це її унікальність застосування для ручного верстата числове програмне керування, яке повністю задовільнить споживача. [16]

Наступним етапом є розроблення трирівневої маркетингової моделі товару: уточнюється ідея продукту та/або послуги, фізичні складові, особливості процесу його надання (таблиця 4.12).

Таблиця 4.12 – Опис трьох рівнів моделі товару

<i>Рівні товару</i>	<i>Сутність та складові</i>
I. Товар за задумом	Модернізація МРВ, що морально застаріли.
II. Товар у реальному виконанні	Властивості/характеристики: розробка верстату з ЧПК
	Якість: стандарти
III. Товар із підкріпленням	Підприємства по металообробці

За рахунок чого потенційний товар буде захищено від копіювання: Патент.

Наступним кроком є визначення цінових меж, якими необхідно керуватись при встановленні ціни на потенційний товар (остаточне визначення ціни відбувається під час фінансово-економічного аналізу проекту), яке передбачає аналіз ціни на товари-аналоги або товари субститути, а також аналіз рівня доходів цільової групи споживачів (таблиця 4.13). Аналіз проводиться експертним методом. [16]

Таблиця 4.13 – Визначення меж встановлення ціни

<i>Назва</i>	<i>Рівень цін на товари замітники, грн</i>	<i>Рівень цін на товари аналоги грн</i>	<i>Рівень доходів цільової групи споживачів, грн</i>	<i>Верхня та нижня межі встановлення ціни на товар/послугу грн</i>
Крокові двигуни	2500	2600	500	2000-3000
Драйвери	800	800	450	500-1000
Блок живлення	1500	1500	750	1000-2000
Комп'ютер	5000	5000	1300	5000-8000
Операційна система	150	1500	900	1000-2000
Керуюча програма	200	200	150	150-400
Монітор	1000	1000	600	500-1200
Мишка	150	150	100	130-240

Наступним кроком є визначення оптимальної системи збуту, в межах якої приймається рішення (таблиця 4.14):

- збут буде проводитись власними силами, тобто буде реалізовано власну систему збуту;

- оптимальна глибина каналу збуту: канал збуту нульового рівня (виробник сам продає товар кінцевому споживачеві).

Таблиця 4.14 – Формування системи збуту

<i>№ п/п</i>	<i>Специфіка закупівельної поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Функції збуту, які має виконувати постачальник товару</i>	<i>Глибина каналу збуту</i>	<i>Оптимальна система збуту</i>
1	Галузь машинобудування в серійному виробництві	Товар не вимагає ніякої реклами	Канал нульового рівня	Канал складається з виробника, який продає свій товар безпосередньо споживачам (через відділ збуту, збутові філії, мережу фірмових магазинів, посилкову торгівлю тощо)

Останньою складовою маркетингової програми є розроблення концепції маркетингових комунікацій, що спирається на попередньо обрану основу для позиціонування, визначену специфіку поведінки клієнтів (таблиця 4.15). [16]

Таблиця 4.15 – Концепція маркетингових комунікацій

<i>Специфіка поведінки цільових клієнтів</i>	<i>Канали комунікацій, якими користуються цільові клієнти</i>	<i>Ключові позиції, обрані для позиціонування</i>	<i>Завдання рекламного повідомлення</i>	<i>Концепція рекламного звернення</i>
Галузь машинобудування в серійному виробництві	Каталоги товарів, інтернет	Конкурентне позиціонування, яке базується на демонстрації переваг товарів підприємства над товарами конкурентів.	Отримати можливість у кілька разів збільшити обсяг продажу своїх товарів	Головними елементами структури реклами є тема реклами і девіз рекламної кампанії.

Висновок: Під час розроблення стартап-проекту було проаналізовано можливості ринкової комерціалізації проекту. Результати показали, що реалізація такої ідеї можлива і вона вже впроваджена у виробництво. В ході роботи було визначено сильні та слабкі сторони, напрямки впроваджень, вигоди для користувача.

Вхід в ринок в такій галузі досить привабливий через свою унікальність технології, сут'євих конкурентів не виявлено.

Створена ідея стартап-проекту є необхідною для споживача.

ВИСНОВОК ПО ДИСЕРТАЦІЇ

Розроблено технологічний процес для забезпечення якості оброблюваної поверхні. Даний технологічний процес впроваджений у виробництво та покращив ряд вимог. В першому розділі було проаналізовано теоретичний матеріал, розглянуті основні поняття про оброблення лезовими інструментами, характеристики якості, які можна отримати в результаті точіння та фрезерування на площині. Оцінено всі чинники, що впливають на шорсткість поверхні. В другому розділі експериментально досліджено різні можливі схеми оброблення поверхні та представлені результати вимірів шорсткості. Виявлено траєкторії оброблення, які не доцільно використовувати далі. Виходячи з попередніх розрахунків, в третьому розділі розроблено технологічний процес деталі. В четвертому розділі виконано стартап-проект по технологічному переході 030. Найбільш сприятливою траєкторією оброблення даної поверхні в реальному виробництві є схема точіння.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1] ДСТУ 2413-94 Основні норми взаємозамінності. Шорсткість поверхні. Терміни та визначення.
- [2] ДСТУ ГОСТ 25142:2009 Шероховатость поверхности. Термины и определения.
- [3] С. В. Майданюк, А. А. Пливак, Р. А. Бекмурадов. Модуль для измерения фасонных профилей.
- [4] Дунин-Барковский И.В., Карташова А.Н. Измерения и анализ шероховатости, волнистости и некруглости поверхности. – М.: Машиностроение, 1978.
- [5] Хімічева Г.І., Величко О.М., Іванченко О.В., Долгов М.А., Зенкін А.С. Інформаційні та вимірні системи: теорія і практика: Посібник. – Київ: Основа, 2006.
- [6] Белей И.Н., Пливак А.А., Майданюк С.В. Сравнительный анализ конструктивных и геометрических параметров форм передней поверхности и их влияние на характер стружки // Вісник Хмельницького національного університету / Технічні науки. – 2006. – Вип. № 6.
- [7] В.Г. Біланенко, Ю.М. Бецко, А.Ю. Цимбал. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з теорії різання за напрямками підготовки 6.050502-Інженерна механіка та 6.050503-Машинобудування усіх форм навчання. 2014-91с.
- [8] Теорія різання: Журнал протоколів до викон. лаборатор. робіт для студ. напряму підготов. бакалаврів «Інженерна механіка» / Уклад. В.Г. Біланенко.-К.: НТУУ «КПІ», 2008-36с.
- [9] Теория резания: Основные термины и определения.[Текст]: Справочные материалы для практических занятий и самостоятельной работы студентов-иностранцев направления подготовки бакалавров «Инженерная механика» / Сост.: В.Г. Беланенко, В.Н. Кореньков-Киев: НТУУ «КПИ», 2008.-56с.
- [10] Инструмент для станков с ЧПУ, многоцелевых станков и ГПС / И.Л. Фадюшин, Я.А. Музыкант, А.И., Мещеряков и др., - М.: Машиностроение, 1990.- 272с.
- [11] Бердычевский Е.Г. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки материалов: Справочник.- М.: Машиностроение, 1984.- 224 с.

[12] Молчанов Г.Н. Повышение эффективности обработки на станках с ЧПУ.- М.: Машиностроение,1979.-204с.

[13] Режущие инструменты,оснащенные сверхтвердыми и керамическими материалами и их применение: Справочник /В.П. Жедь, Г.В. Боровский,А.Я. Музыкант, Г.М. Ипполитов.-М.: Машиностроение,-1987.-320с.

[14] Якобс Г.Ю., Якоб Э., Кохан Д. Оптимизация резания. Параметризация способов обработки резанием с использованием технологической оптимизации: Пер. с нем./ Пер канд. техн. наук В.Ф.Колотенков.-М.: Машиностроение,1981.-275с.

[15] Методичні вказівки і контрольні завдання з дисципліни «Теорія різання». Розрахунок режимів різання при точінні для студентів спеціальності 1201–Технологія машинобудування та 1202-Металорізальні верстати і інструменти усіх форм навчання, а також слухачів ФПК / Уклад.: В.В. Коваленко, В.Г. Біланенко, А.М. Кислюк-К.:КПІ, 1993.-72с.

[16] Розроблення стартап-проекту [Електронний ресурс]: Методичні рекомендації до виконання розділу магістерської дисертації для студентів інженерних спеціальностей / За заг. ред. О.А. Гавриша. – Київ : НТУУ «КПІ», 2016. – 28 с.

ДОДАТОК А

Технічні характеристики верстатів

005 Заготівельна

OPTI S 181 G



Рисунок А.1 – Пила стрічкова OPTI S 181 G

Таблиця А.1 – Технічні характеристики верстата OPTI S 181 G

Параметри	Значення
Модель	OPTI S 181 G
Двигун	750 Вт 380 В ~50 Гц
Максимальний діаметр різа круглої заготовки, 90°	Ø 180 мм
Максимальний розмір різа прямокутної заготовки, 90°	180 x 240 / 65 x 300 мм
Підняття дуги	ручне
Подача	постійна регулююча
Швидкість різання	9 / 66 / 82 м/мин
Розмір полотна для різу	2362 x 19 x 0,9 мм
Довжина	1200мм
Ширина без упора для заготовки	450 мм

Ширина з упором для заготовки	720 мм
Висота в нижньому крайньому положенні	1050 мм
Висота в верхньому крайньому положенні	1600мм
Маса	130кг

010 Токарно-свердильна з ЧПУ

ST15



Рисунок А.2 – Токарний верстат з ЧПУ моделі ST15

Таблиця А.2 - Технічні характеристики верстата ST15

Діаметр установленого виробу	
Максимальна діаметр	419мм
Місткість	
Розмір патрона	210мм
Діаметр прутка	63,5мм
Переміщення по вісях і швидкість подачі	
Вісь X	200,2мм
Вісь Z	406мм
Прискорення переміщення по X	30,5м/хв.
Прискорення переміщення по Z	30,5м/хв.
Макс. Навантаження X	14679Н
Макс. Навантаження Z	14679Н
Шпиндель	

Максимальна потужність	14, 9кВт
Максимальна частота обертання	4000об/хв.
Максимальний крутний момент	203Нм при 500об/хв.
Торець шпинделя	A2-6

015 Фрезерна з ЧПУ

6P11

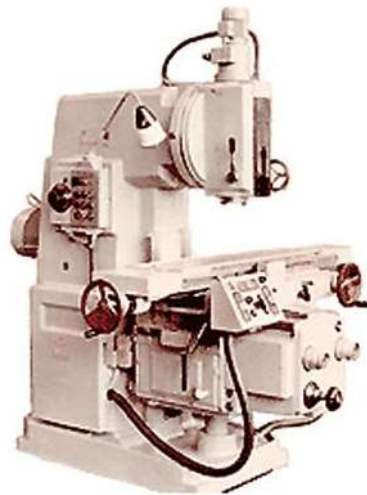


Рисунок А.3 – Вертикально-фрезерний станок 6P11

Таблиця А.3 – Технічні характеристики вертикально-фрезерного станка 6P11

Параметр	Значення
Розміри робочої поверхні стола	1000 x 250мм
Найбільше поздовжнє переміщення столу	630мм
Найбільше поперечне переміщення столу	200мм
Найбільше вертикальне переміщення столу	360мм
Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні стола	50 – 410мм
Межі частот обертання шпинделя	40 – 2000 хв -1
Прискорене вертикальне переміщення столу	1330 мм / хв
Потужність електродвигуна приводу шпинделя	5,5 кВт
Потужність електродвигуна приводу столу	3 кВт

Конус шпинделя по ГОСТ 30064-93	ISO 50
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В)	1470 x 1975 x 1940мм
Маса верстата з електроустаткуванням	2360кг

020 Фрезерна

6P81



Рисунок А.4 – Горизонтально-фрезерний станок 6P81

Таблиця А.4 – Технічні характеристики горизонтально-фрезерного станка 6P81

Параметр	Значення
Розміри робочої поверхні стола	1000 x 250мм
Найбільше поздовжнє переміщення столу	710мм
Найбільше поперечне переміщення столу	250мм
Найбільше вертикальне переміщення столу	400мм
Клас точності	Н
Відстань від торця шпинделя до робочої поверхні	50 – 410мм
Межі частот обертання шпинделя	40 – 2000 хв -1
Прискорене поздовжнє переміщення столу	2900 мм / хв
Прискорене поперечне переміщення столу	2300 мм / хв
Прискорене вертикальне переміщення столу	1150 мм / хв
Потужність електродвигуна приводу шпинделя	5,5 кВт

Конус шпинделя по ГОСТ 30064-93	ISO 50
Габаритні розміри верстата (Д x Ш x В)	2135 x 1865 x 1695
Маса верстата з електроустаткуванням	2300кг

030 Токарна з ЧПУ TBC100Y



Рисунок А.3 – Токарний станок TBC100Y

Таблиця А.3 – Технічні характеристики токарного станка TBC100Y

Параметр	Значення
Клас точності станка по ГОСТ 8-82(Н, П, В, А, С)	П
Найбільший діаметр деталі, яка обробляється над ниною	125мм
Найбільший діаметр деталі, яка обробляється над портом	-
Найбільша довжина деталі, яка обробляється	175мм
ЧПУ	модернізовано
Границі частоти оборотів шпинделя, min-max	50-4000 об/хв
Потужність	4 кВт
Габарити	1730x1180x172 М

Маса	2000кг
------	--------

ДОДАТОК Б

Г –коди управляючих програм

Додаток Б.1

T5 Diam=20 CR=0.8 -
ZMIN=1.5 - bullnose end mill

N10 G90 G94	N35 G3 X9.6 Y0.5 Z1.5 CR=0.5	N64 G1 Z1.5 F320
N11 G71	N36 G1 X9.1	N66 G3 X0.5 Y-0.5 Z1.5 CR=0.5
N12 G64	N38 G3 X8.6 Y0.5 Z2 CR=0.5	N67 G1 X16.6
N13 G17	N39 G0 Z210 ; 2D Contour2	N69 G3 X17.1 Y0 Z1.5 CR=0.5
N14 G0 G53 Z0 D0 ; 2D Contour1	N41 G0 X0 Y0	N71 G3 X0 Y-17.1 Z1.5 CR=-17.1
N15 M500	N42 G0 Z60	N73 G3 X17.1 Y0 Z1.5 CR=17.1
N16 T5 D1	N43 G0 Z4	N75 G3 X16.6 Y0.5 Z1.5 CR=0.5
N17 M6 ; STEEL 45	N44 G1 Z1.5 F320	N76 G1 X16.1
N18 S1290 M3	N46 G3 X0.5 Y-0.5 Z1.5 CR=0.5	N78 G3 X15.6 Y0.5 Z2 CR=0.5
N19 G54	N47 G1 X13.1	N79 G0 Z60 ; 2D Contour4
N20 G0 X0 Y0	N49 G3 X13.6 Y0 Z1.5 CR=0.5	N81 G0 X0 Y0
N21 G0 Z210	N51 G3 X0 Y-13.6 Z1.5 CR=-13.6	N82 G0 Z60
N22 M502	N53 G3 X13.6 Y0 Z1.5 CR=13.6	N83 G0 Z4
N23 G0 Z4	N55 G3 X13.1 Y0.5 Z1.5 CR=0.5	N84 G1 Z1.5 F320
N24 G1 Z1.5 F320	N56 G1 X12.6	N86 G3 X0.1 Y0.7 Z1.5 CR=0.5
N25 G17	N58 G3 X12.1 Y0.5 Z2 CR=0.5	N87 G1 X-11.66 Y16.38
N26 G3 X0.5 Y-0.5 Z1.5 CR=0.5	N59 G0 Z60 ; 2D Contour3	N89 G3 X-12.36 Y16.48 Z1.5 CR=0.5
N27 G1 X9.6	N61 G0 X0 Y0	N91 G3 X16.48 Y12.36 Z1.5 CR=-20.6
N29 G3 X10.1 Y0 Z1.5 CR=0.5	N62 G0 Z60	N93 G3 X-12.36 Y16.48 Z1.5 CR=20.6
N31 G3 X0 Y-10.1 Z1.5 CR=-10.1	N63 G0 Z4	
N33 G3 X10.1 Y0 Z1.5 CR=10.1		

N95 G3 X-12.46 Y15.78
 Z1.5 CR=0.5
 N96 G1 X-12.16 Y15.38
 N98 G1 X-12.108 Y15.311
 Z1.508
 N99 G1 X-12.057 Y15.243
 Z1.53
 N100 G1 X-12.01 Y15.18
 Z1.567
 N101 G1 X-11.967
 Y15.123 Z1.617
 N102 G1 X-11.93 Y15.074
 Z1.679
 N103 G1 X-11.9 Y15.034
 Z1.75
 N104 G1 X-11.878
 Y15.004 Z1.829
 N105 G1 X-11.865
 Y14.986 Z1.913
 N106 G1 X-11.86 Y14.98
 Z2
 N107 G0 Z60
 N109 G0 G53 Z0 D0
 N110 M30
Додаток Б.2
 %_N_END_22_MPF
 ; End_22
 ; T5 Diam=20 CR=0.8 -
 ZMIN=2 - bullnose end mill
 N10 G90 G94
 N11 G71
 N12 G64
 N13 G17
 N14 G0 G53 Z0 D0
 ; 2D Contour2
 N15 M500
 N16 T5 D1
 N17 M6
 ; STEEL 45
 N18 S1290 M3

N19 G54
 N20 G0 X0 Y0
 N21 G0 Z210
 N22 M502
 N23 G0 Z4
 N24 G1 Z2 F320
 N25 G17
 N26 G3 X0.5 Y-0.5 Z2
 CR=0.5
 N27 G1 X21.5
 N29 G3 X22 Y0 Z2
 CR=0.5
 N31 G3 X0 Y-22 Z2 CR=-
 22
 N33 G3 X22 Y0 Z2
 CR=22
 N35 G3 X21.5 Y0.5 Z2
 CR=0.5
 N36 G1 X21
 N38 G3 X20.5 Y0.5 Z2.5
 CR=0.5
 N39 G0 Z210
 N41 G0 G53 Z0 D0
 N42 M30
Додаток Б.3
 %_N_END_33_MPF
 ; End_33
 ; T5 Diam=20 CR=0.8 -
 ZMIN=3 - bullnose end mill
 N10 G90 G94
 N11 G71
 N12 G64
 N13 G17
 N14 G0 G53 Z0 D0
 ; 2D Contour2
 N15 M500
 N16 T5 D1
 N17 M6

; STEEL 45
 N18 S1290 M3
 N19 G54
 N20 G0 X0 Y0
 N21 G0 Z210
 N22 M502
 N23 G0 Z5
 N24 G1 Z3 F320
 N25 G17
 N26 G3 X-0.5 Y0.5 Z3
 CR=0.5
 N27 G1 X-11.6
 N29 G3 X-12.1 Y0 Z3
 CR=0.5
 N31 G3 X0 Y12.1 Z3
 CR=-12.1
 N33 G3 X-12.1 Y0 Z3
 CR=12.1
 N35 G3 X22.1 Y0 Z3
 CR=17.1
 N37 G3 X0 Y-22.1 Z3
 CR=-22.1
 N39 G3 X22.1 Y0 Z3
 CR=22.1
 N41 G3 X21.6 Y0.5 Z3
 CR=0.5
 N42 G1 X21.1
 N44 G3 X20.6 Y0.5 Z3.5
 CR=0.5
 N45 G0 Z210
 N47 G0 G53 Z0 D0
 N48 M30
Додаток Б.4
 %_N_END_44_MPF
 ; End_44
 ; T5 Diam=20 CR=0.8 -
 ZMIN=15 - bullnose end mill
 N10 G90 G94
 N11 G71
 N12 G64

N13 G17	N29 G3 X-27 Y-38 Z15	N50 G2 X8 Y-38.5 Z15
N14 G0 G53 Z0 D0	CR=0.5	CR=0.5
	N30 G1 Y38	N51 G1 X8.5
; 2D Contour2	N32 G3 X-27.5 Y38.5 Z15	N53 G3 X9 Y-38 Z15
N15 M500	CR=0.5	CR=0.5
N16 T5 D1	N33 G1 X-28	N54 G1 Y38
N17 M6	N35 G3 X-28.5 Y38.5	N56 G3 X8.5 Y38.5 Z15
; STEEL 45	Z15.5 CR=0.5	CR=0.5
N18 S1290 M3	N36 G1 X-10.5	N57 G1 X8
N19 G54	N38 G2 X-10 Y38.5 Z15	N59 G3 X7.5 Y38.5 Z15.5
N20 G0 X-28.5 Y-38.5	CR=0.5	CR=0.5
N21 G0 Z210	N39 G1 X-9.5	N60 G1 X25.5
N22 M502	N41 G2 X-9 Y38 Z15	N62 G2 X26 Y38.5 Z15
N23 G0 Z17	CR=0.5	CR=0.5
N24 G1 Z15.5 F320	N42 G1 Y-38	N63 G1 X26.5
N25 G17	N44 G2 X-9.5 Y-38.5 Z15	N65 G2 X27 Y38 Z15
N26 G2 X-28 Y-38.5 Z15	CR=0.5	CR=0.5
CR=0.5	N45 G1 X-10	N66 G0 Z210
N27 G1 X-27.5	N47 G3 X-10.5 Y-38.5	N67 G0 G53 Z0 D0
	Z15.5 CR=0.5	N75 M30
	N48 G1 X7.5	

ДОДАТОК В
Креслення деталей

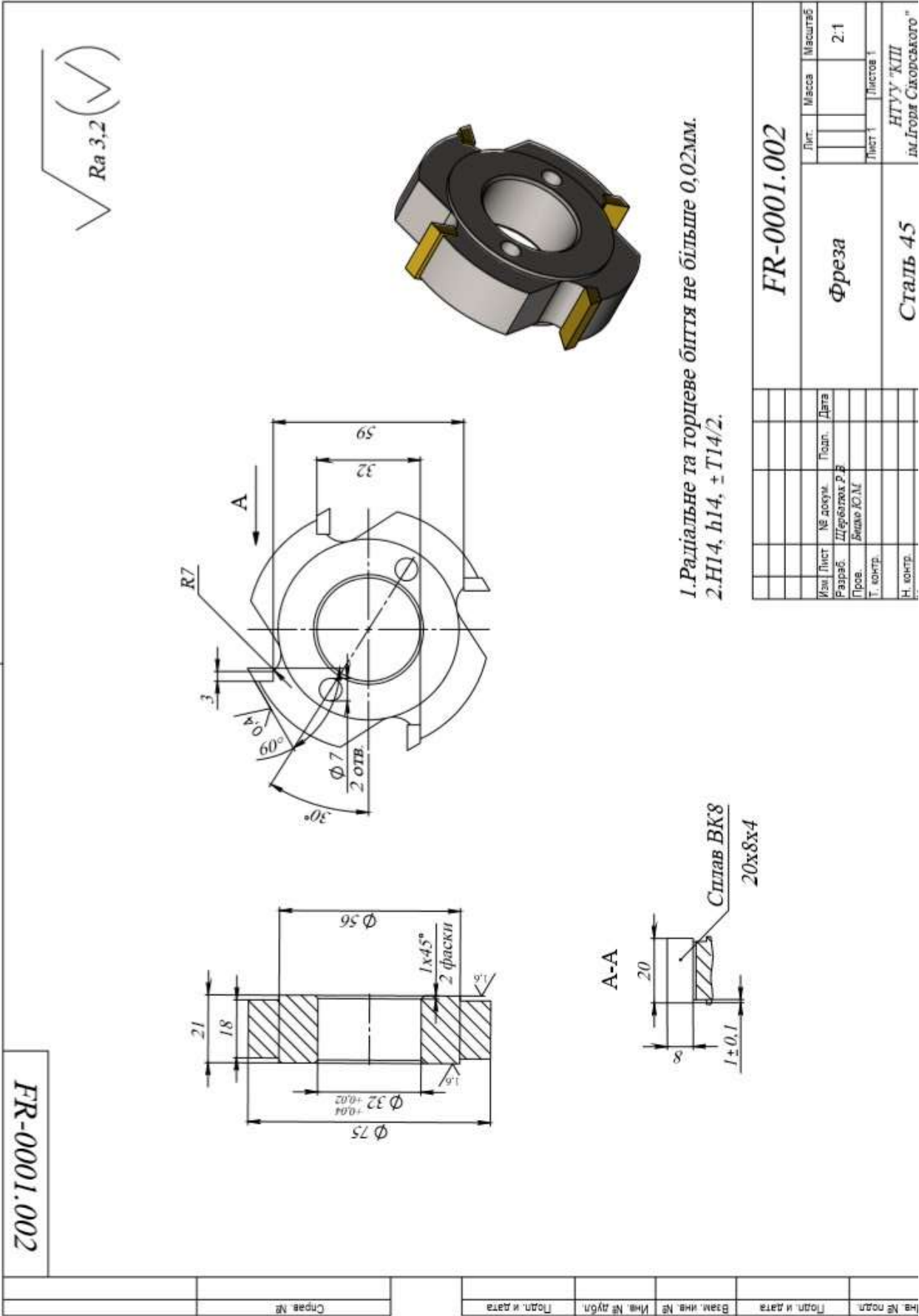


Рисунок В.2 – Фреза 22

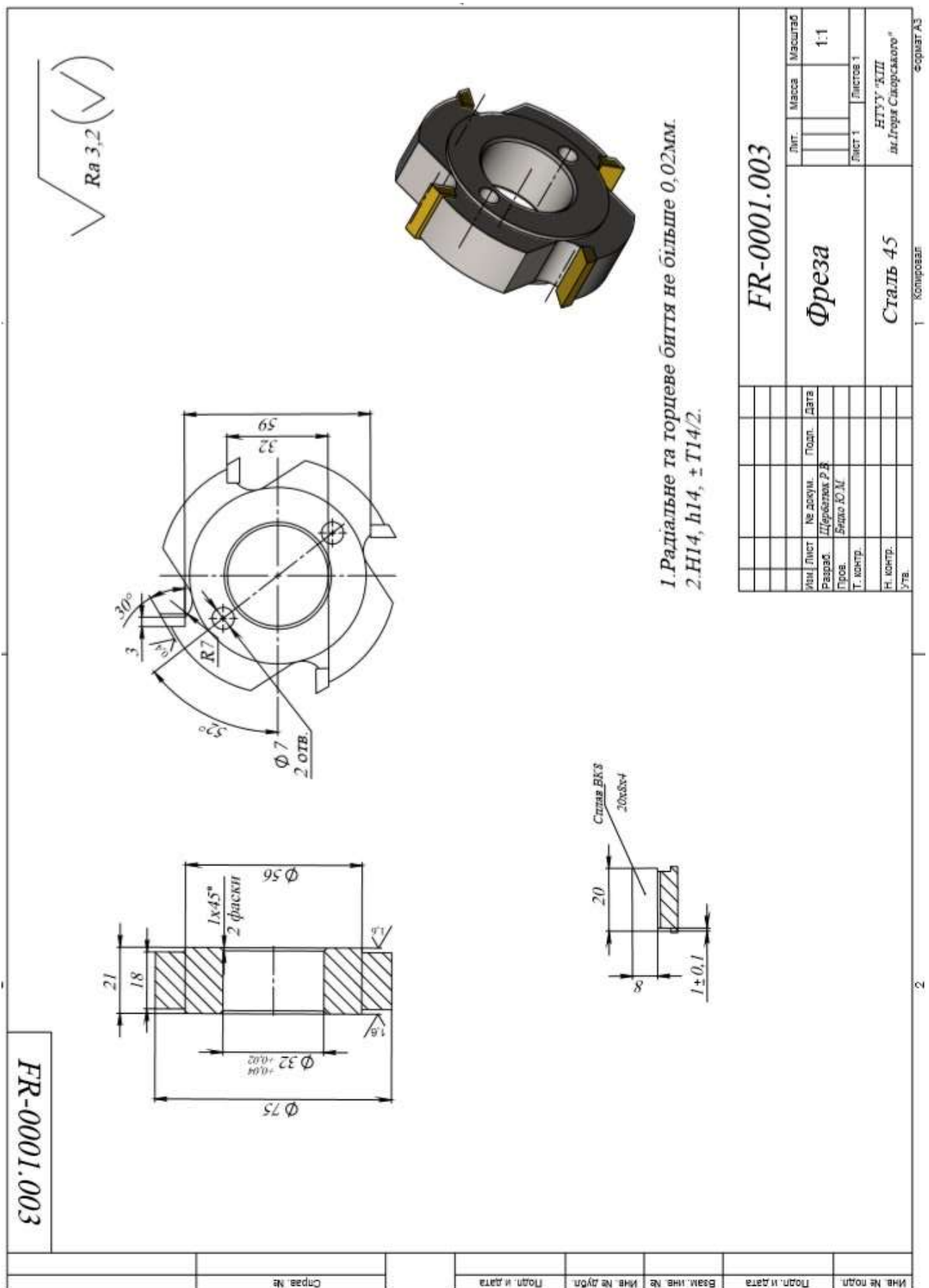


Рисунок В.3 – Фреза 33

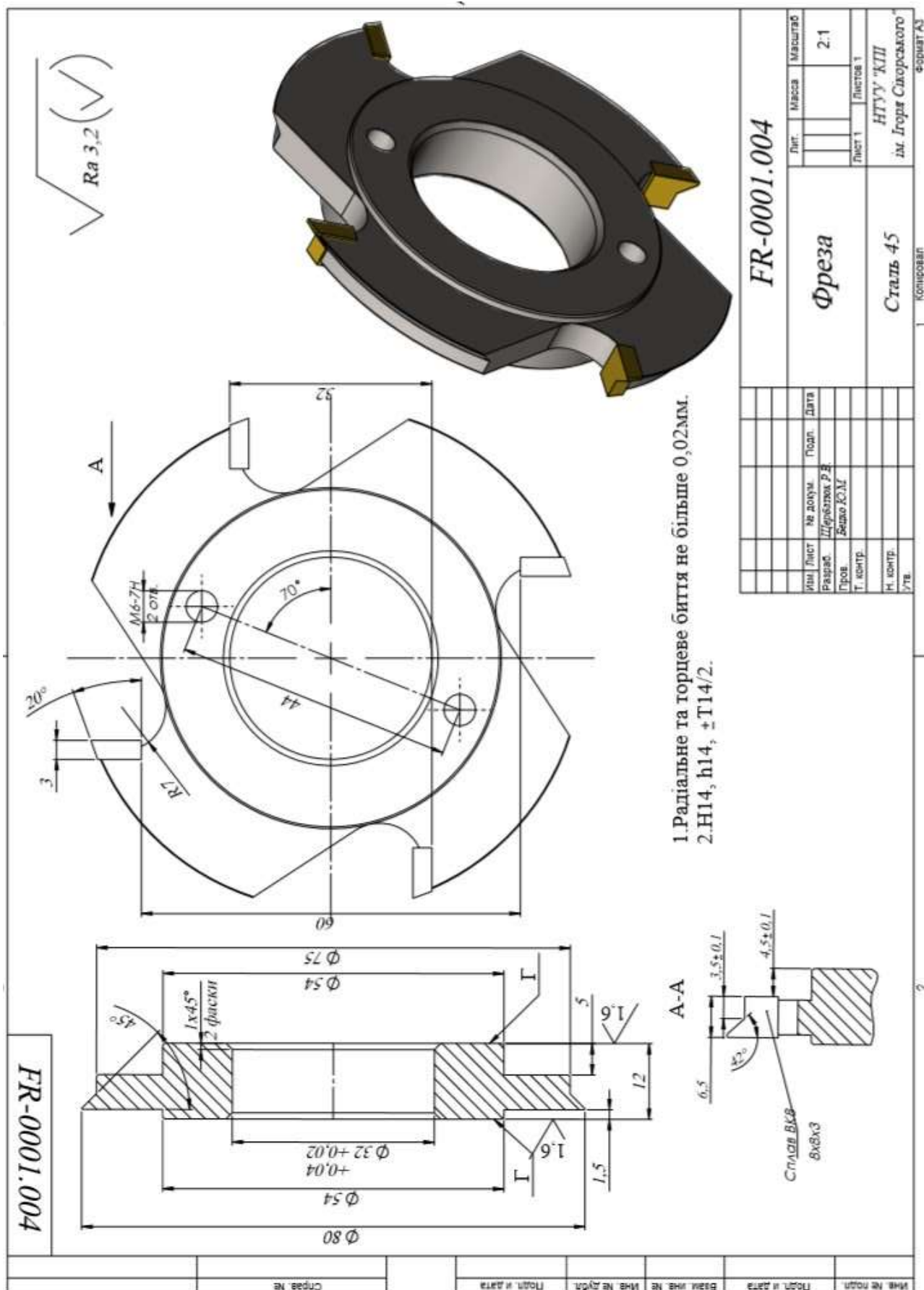


Рисунок В.4 – Фреза 44

ДОДАТОК Г

Дані з профілометра

Oscilloscope Data File	Time=	0.056 (Ø)	282
Experiment Time : Wed Nov 27	Time=	0.058 (Ø)	303
12:20:29 2019	Time=	0.060 (Ø)	277
Number Of Channels : 1	Time=	0.062 (Ø)	300
Kadrs Number : 32500	Time=	0.064 (Ø)	312
Input Rate In Mks : 2000.000000	Time=	0.066 (Ø)	276
Input Time In Mls : 65	Time=	0.068 (Ø)	274
Data Format : BINS	Time=	0.070 (Ø)	283
Max. Range: 5.120000	Time=	0.072 (Ø)	266
Input Data In Time Sequential Order :	Time=	0.074 (Ø)	291
Time= 0.000 (Ø)	Time=	0.076 (Ø)	312
Time= 0.002 (Ø)	Time=	0.078 (Ø)	304
Time= 0.004 (Ø)	Time=	0.080 (Ø)	282
Time= 0.006 (Ø)	Time=	0.082 (Ø)	294
Time= 0.008 (Ø)	Time=	0.084 (Ø)	307
Time= 0.010 (Ø)	Time=	0.086 (Ø)	311
Time= 0.012 (Ø)	Time=	0.088 (Ø)	311
Time= 0.014 (Ø)	Time=	0.090 (Ø)	288
Time= 0.016 (Ø)	Time=	0.092 (Ø)	330
Time= 0.018 (Ø)	Time=	0.094 (Ø)	293
Time= 0.020 (Ø)	Time=	0.096 (Ø)	282
Time= 0.022 (Ø)	Time=	0.098 (Ø)	287
Time= 0.024 (Ø)	Time=	0.100 (Ø)	282
Time= 0.026 (Ø)	Time=	0.102 (Ø)	258
Time= 0.028 (Ø)	Time=	0.104 (Ø)	303
Time= 0.030 (Ø)	Time=	0.106 (Ø)	277
Time= 0.032 (Ø)	Time=	0.108 (Ø)	280
Time= 0.034 (Ø)	Time=	0.110 (Ø)	289
Time= 0.036 (Ø)	Time=	0.112 (Ø)	269
Time= 0.038 (Ø)	Time=	0.114 (Ø)	301
Time= 0.040 (Ø)	Time=	0.116 (Ø)	292
Time= 0.042 (Ø)	Time=	0.118 (Ø)	278
Time= 0.044 (Ø)	Time=	0.120 (Ø)	249
Time= 0.046 (Ø)		
Time= 0.048 (Ø)	Time=	64.996 (Ø)	-139
Time= 0.050 (Ø)	Time=	64.998 (Ø)	-121
Time= 0.052 (Ø)			
Time= 0.054 (Ø)			

ДОДАТОК Д

Копії документів

ПРИВАТНЕ ПІДПРИЄМСТВО "РАЙНПЛАСТ УКРАЇНА"

П/р 26004052635217, Банк ПАТ "РОЗРАХУНКОВИЙ ЦЕНТР", м. Київ, МФО 320649
Україна, 08292, Київська обл., м. Буча, вул. Нове Шосе, будинок № 5, кв.47,

тел.: (044) 4225283,
код за ЄДРПОУ 33800929, ІПН 338009210317, № свід. 100093453

Щербатюк Руслан Віталійович розробив технологію, що запроваджена у виробництво підприємства «Райнпласт Україна»:

- Комбінована фреза KF95100.22

Керівник практики від підприємства, головний інженер: Левченко А.В.

Розробка технології:

- зменшила час на операцію на 32%;
- покращила якість поверхні;
- потребує нижчої кваліфікації робітника для даної операції.

Керівник підприємства:



Лаврентьев С.А.

Рисунок Д.1 – Копія документу від підприємства, що технологія запроваджена у виробництво